

# Uma análise da hegemonia do petróleo e os desafios da transição energética sob a perspectiva da economia política

An analysis of oil hegemony and the challenges of the energy transition from a political economy perspective

ilDO LUÍS SAUER\*

► DOI: <https://doi.org/10.14295/principios.2675-6609.2024.170.002>

Reprodução: The Connoisseur

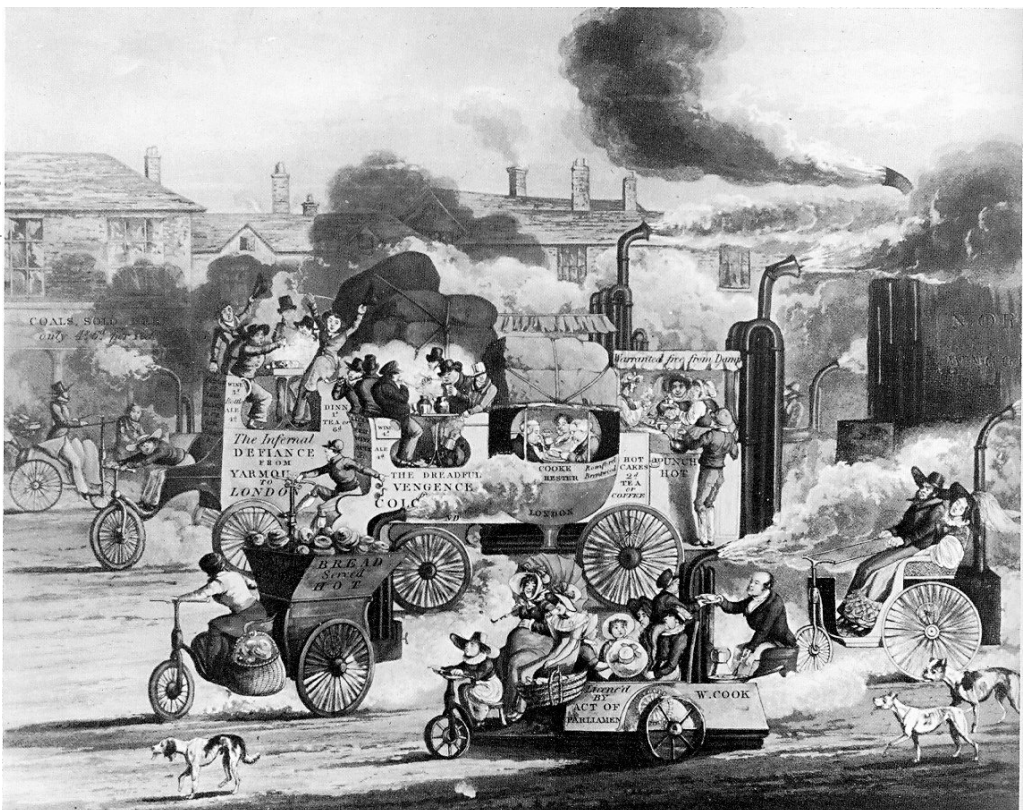


Ilustração de 1830 de Henry Alken (1785-1851) satiriza a Revolução Industrial mostrando veículos a vapor em uma "corrida pelo progresso" na Whitechapel Road, em Londres

## RESUMO

Este trabalho faz uma análise das razões que levaram à hegemonia do petróleo como fonte energética e dos desafios para transição energética propugnada por amplos setores acadêmicos, políticos e populares. Como arcabouço metodológico, recupera os principais elementos da economia política como mais-valia absoluta, relativa e extraordinária, rendas diferenciais, absoluta e de monopólio, preços e preços de **produção**, para interpretar o papel da apropriação da energia na emergência e consolidação do modo capitalista de produção e os fatores e atributos que nortearam as transições energéticas e conduziram à hegemonia do petróleo, num quadro de múltiplas possibilidades de recursos energéticos. **Analisa a** estrutura geopolítica e as disputas **pelo excedente econômico, renda**, dos recursos naturais, com foco no controle das reservas e produção do petróleo, sob coordenação da Opep+, com suas empresas nacionais (NOCs), em conflito com os interesses dos países da OCDE e China e das empresas petrolíferas independentes (IOCs). Finalmente, apresenta o quadro de possibilidades para a desfossilização da matriz energética brasileira e mundial, mediante as alternativas baseada nos vetores de eletricidade ou hidrogênio, e analisa os desafios e impactos para sua adoção na estrutura econômica, social e de poder político inerentes ao sistema capitalista, cujo motor é o processo de acumulação baseado na ampliação da produtividade para a geração de excedentes econômicos.

**Palavras chave:** Economia política. Renda diferencial. Renda absoluta. Renda de monopólio. Apropriação da energia. Transição energética. Petróleo; Opep+.

## ABSTRACT

This work analyzes the reasons that led to the hegemony of oil as an energy source and the challenges for the energy transition advocated by broad academic, political and popular sectors. As a methodological framework, it recovers the main elements of political economy such as absolute, relative and extraordinary surplus value, differential, absolute and monopoly rents, prices and production **prices**, to interpret the role of the appropriation of energy in the emergence and consolidation of the capitalist mode of production and the factors and attributes that guided energy transitions and led to the hegemony of oil, within a framework of multiple possibilities of energy resources. **Analyzes** the geopolitical structure and disputes over **economic surpluses, rents**, from natural resources, focusing on the control of oil reserves and production, under the coordination of OPEC+, with its national companies (NOCs), in conflict with the interests of the OECD countries and China and the independent oil companies (IOCs). Finally, it presents a **portfolio** of possibilities for the defossilization of the Brazilian and global energy matrix, through alternatives based on electricity or hydrogen vectors, and analyzes the challenges and impacts for its adoption in the economic, social and political power structure inherent to the capitalist system, whose engine is the accumulation process based on increasing productivity to generate economic surpluses.

**Keywords:** Political economy. Differential rent. Absolute rent. Monopoly rent. Energy appropriation. Energy transition. Oil. OPEC+.

## 1. INTRODUÇÃO

O imperativo da transição energética é um quase consenso numa época de inúmeros dissensos. A maioria dos cientistas e políticos eleitos declara-se comprometida com mudanças na matriz energética. No entanto, esse acordo político ainda não foi capaz de desencadear as mudanças necessárias. Mais de 50 anos após a Conferência de Estocolmo (1972), as chamadas energias renováveis “modernas” (que idiossincriticamente excluem as centrais hidroelétricas) representam 6,7% do consumo mundial de energia primária (Energy Institute, 2022). A questão então passa pela análise das razões subjacentes a esse fracasso e aos episódios de sucesso eleitoral de negacionistas nos EUA, Brasil e Europa: seria falta de recursos naturais ou tecnológicos? Falta de capacidade das forças produtivas no estágio atual? Ou consequência da estrutura econômica, social e política atualmente hegemônica, com sua lógica e leis intrínsecas?

### 1.1. CONTEXTO MUNDIAL DE RECURSOS ENERGÉTICOS

As reservas comprovadas de petróleo, gás e carvão são, respetivamente, de 1.564, 1.270 e 5.469 bilhões de BOE (barris de petróleo equivalente), o que permitiria, nos níveis atuais, 37, 53 e 133 anos de consumo, respetivamente. Correspondem a 9.593, 7.770 e 33.398 EJ, somando 50.761 EJ de reservas fósseis. As reservas de urânio são de 6.078.500 toneladas, com potencial de geração de 1.038 EJ de eletricidade com os atuais reatores convencionais, cerca de 90 anos de fornecimento para a capacidade existente de 400 GWe. No entanto, os principais influxos de energia da Terra vêm de três fontes (Hubbert, 1981): geotérmica, 32 TW, de marés, 3 TW, e a maior, a solar, 174 PW, cuja destinação, é, aproximadamente, de 30% refletidos diretamente, 47% convertidos em calor, 23% dissipados no ciclo hidrológico, 0,21% dissipados em vento, ondas, convecção e correntes, e apenas 0,023% absorvidos pela fotossíntese e responsáveis pelo armazenamento de todos os recursos fósseis ao longo do tempo. A radiação solar média que atinge a superfície da Terra é de aproximadamente 346,9 W/m<sup>2</sup>, equivale a cerca de 15 mil EJ por dia. Portanto, o influxo anual, em torno de 5,5 milhões de EJ, é mais de 100 vezes os recursos fósseis e físeis disponíveis combinados comprovados, de 51.799 EJ. O consumo anual de energia é de 595 EJ nos setores residencial, de serviços e na indústria, agricultura e transportes, tendo como fontes primárias: petróleo (30,95%), carvão (26,9%), gás natural (24,42%) e energias hídrica (6,78%) e nuclear (4,25%); energias renováveis “modernas” (eólica, solar, biocombustíveis) representam apenas cerca de 6,7% (Energy Institute, 2022). Portanto as fontes fósseis somam 82,27%, e a história das transições energéticas, da lenha para o carvão e deste para o petróleo, demonstra que se trata de um processo complexo e de prazo longo.

### 1.2. CONTEXTO BRASILEIRO

O sistema energético brasileiro produziu, em 2022, 47,4% — 12.690 EJ (exajoules) — de energias renováveis, em nítido contraste com o contexto mundial, sendo 2.484 EJ — 690,1 TWh (terawatts-hora) — como eletricidade (EPE, 2023). O setor de transportes usou 3.742 EJ (21,5% de combustíveis renováveis). A eletrificação total do sistema de transporte, substituindo todos os combustíveis, exigiria cerca de 1,26 mil EJ (350 TWh) de eletricidade

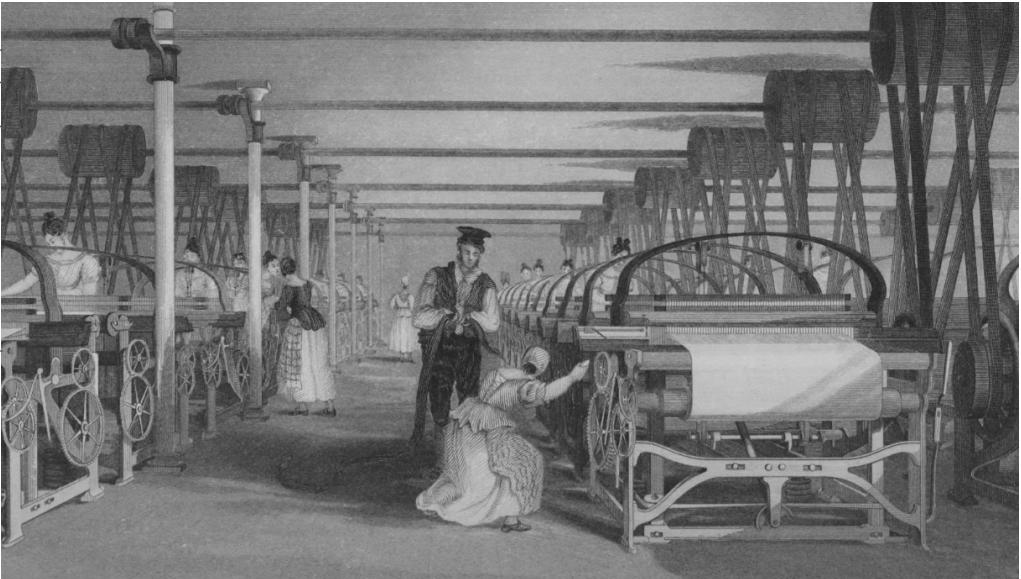
adicional, devido à maior eficiência inerente. Além disso, se o consumo de eletricidade per capita dobrar para atingir o padrão europeu atual, como resultado de um esforço de desenvolvimento socioeconômico, outros 690,1 TWh seriam exigidos. Tal cenário exigiria 1.730,2 TWh (6,23 mil EJ). Recursos energéticos competitivos para tal oferta estão disponíveis: a) o potencial de energia eólica *onshore* permitiria gerar 2.291 TWh, ou 8,25 mil EJ (EPE, 2020), com expectativa de ser muito maior à medida que os estudos de inventário avançam, enquanto se estima que o *offshore* seja ainda maior; b) a produtividade fotovoltaica de 6 kWh/m<sub>2</sub>/dia (quilowatts-hora por metro quadrado diários) — 72% dos 346,9 W/m<sub>2</sub> (watts por metro quadrado) recebidos — exigiria apenas 5 a 6 mil km<sub>2</sub> (uma fração ínfima da área antropizada) para gerar 1.730,2 TWh; c) o potencial hidrelétrico de 176 GW (gigawatts-hora) (EPE, 2020), 103,2 GW já em operação, poderia gerar 700 TWh (2,52 mil EJ) por ano; d) a característica única do sistema integrado brasileiro de energia reside na sua capacidade de armazenar 212 TWh quando os reservatórios estão cheios, possibilitando assim a estabilização da inserção de fontes intermitentes — solar e eólica; e) existem enormes recursos de biomassa, resíduos orgânicos industriais e urbanos e recursos energéticos distribuídos. Assim, um cenário brasileiro de transição para fontes 100% renováveis poderia ser viável, desde que os desafios econômicos, institucionais e de infraestrutura sejam enfrentados.

### 1.3. PROBLEMA E PERGUNTAS

Pelos dados apresentados, não falta fonte de energia primária renovável, nem no mundo nem no Brasil, para suprir a demanda de energia necessária. Tampouco faltam recursos tecnológicos para os processos de apropriação e de conversão energética. O problema então se desloca para a esfera de como o sistema econômico, social e político construiu historicamente sua trajetória no ambiente dos conflitos do sistema capitalista — uma investigação no campo da economia política que possa contribuir para a compreensão dos desafios da transição energética.

## 2. ENERGIA E SOCIEDADE: O PAPEL DA ENERGIA NAS REVOLUÇÕES SOCIAIS DA HUMANIDADE

A história da humanidade guarda profundos vínculos com o processo de apropriação social da energia. O *Homo sapiens* tem cerca de 200 mil anos e na maior parte desse tempo viveu caçando e coletando aquilo que a fotossíntese, a energia do Sol apropriada pela natureza, oferecia. O desenvolvimento da agricultura foi uma revolução que, há cerca de 12 mil anos, passou a controlar a fotossíntese, auxiliada pelo ciclo hidrológico, também movido pelo Sol. Foram selecionadas plantas e animais que se alimentavam de plantas para proporcionar alimentação, transporte e trabalho aos humanos. Surgiram as sociedades agrárias, que em uns poucos milênios se espalharam por todos os continentes. Mas eram sociedades limitadas, embora tenham logrado constituir-se em grandes civilizações como a egípcia e o império romano. Muitas delas utilizavam-se amplamente do trabalho escravo. Dependiam da natureza e do trabalho físico humano e de animais para garantir a produção dos meios necessários à sua existência. Já a Revolução Industrial liberou a sociedade dos limites da energia dos fluxos naturais, mediante a disponibilidade estocada nas jazidas de carvão, inicialmente. A primeira fase, encetada em meados do século XVIII, propiciou a liberação dos limites impostos pela força muscular humana e animal e de potenciais hidráulicos e eólicos



Gravura de 1835 de J. Tingle mostra teares mecânicos em uma fábrica inglesa durante a Revolução Industrial

localizados, para permitir a intensificação da produtividade social do trabalho, com avanço extraordinário das forças produtivas, que, com a implantação do modo de produção capitalista, ensejou a acumulação em escala sem precedentes, com todas as contradições inerentes à nascente sociedade urbana, industrial capitalista. A segunda fase, a partir de meados do século XIX, foi marcada pela intensificação proporcionada pela liberação da rigidez das máquinas a vapor das fábricas, dos trens e dos navios, alimentadas pelo carvão, por dois novos vetores de energia, com muito maior flexibilidade: a) a eletricidade, produzida onde houvesse potencial hidráulico ou pelo vapor do carvão, onde fosse conveniente, em geradores, transmitida por redes para onde fosse útil, para, com o fracionamento da potência nos motores elétricos, organizar e aumentar a produtividade das operações unitárias fabris, além de permitir a iluminação para arrancar horas da noite para a produção; b) os combustíveis líquidos para acionar os emergentes motores a combustão interna, ciclo Otto, alimentados com etanol vegetal ou ligroína do carvão, e ciclo Diesel, alimentados com óleos vegetais; propiciando a flexibilidade e adaptação do volume, cargas, distâncias e rotas para o transporte, terrestre e aquático, em veículos e navios, de mercadorias e pessoas.

Uma nova e profunda transformação política e social começou a ocorrer no final do século XVII, com a Revolução Inglesa, e consolidou-se por volta do final do século XVIII, com as revoluções Americana e Francesa. Sua base energética foi o aproveitamento do carvão, com a queima desse combustível para o aquecimento de água e a produção de vapor para acionar êmbolos e mover máquinas — teares, trens, navios. Essa nova base técnica foi essencial para o desenvolvimento do modo de produção capitalista, que se aproveitou de um novo regime de trabalho, com mão de obra assalariada. O trabalhador, em geral camponês expulso do campo, que não detinha mais os meios de produção — passou a trabalhar com os meios de produção do patrão —, passou a ter uma produtividade muito maior. Porque ao valor novo que ele agrega às mercadorias com seu trabalho vivo soma-se — num tempo agora muito mais curto, em função da velocidade das máquinas — o valor do trabalho morto, do trabalho mecânico e do desgaste dessas máquinas, equipamentos e edificações de propriedade do dono da fábrica. Finalmente, essa nova base técnica e o próprio sistema capitalista

Não falta fonte de energia primária renovável, nem no mundo nem no Brasil, para suprir a demanda de energia necessária. Tampouco faltam recursos tecnológicos para os processos de apropriação e de conversão energética. O problema então se desloca para a esfera de como o sistema econômico, social e político construiu historicamente sua trajetória no ambiente dos conflitos do sistema capitalista — uma investigação no campo da economia política que possa contribuir para a compreensão dos desafios da transição energética

passaram por um aprofundamento, uma espécie de segunda fase da revolução, no final do século XIX, quando surgiram as telecomunicações, o gerador elétrico, o motor e a transmissão elétricos e, principalmente, o motor de combustão interna à base de gasolina e de óleo diesel, que substituiu os cavalos e as carruagens e deu origem à indústria automobilística, flexibilizando a mobilidade individual e a circulação de mercadorias, até então sujeitas à rigidez dos trens e navios movidos pelo vapor produzido com a combustão do carvão. Do ponto de vista social, é a fase em que o capitalismo se monopolizou, formaram-se os cartéis, associados ao sistema financeiro. E ocorreu uma intensificação extraordinária da produção de bens e mercadorias, cuja circulação e consumo atingiram uma escala e velocidade sem precedentes, graças ao petróleo.

### **3. A LÓGICA DA APROPRIAÇÃO DA ENERGIA SOB O MODO DE PRODUÇÃO CAPITALISTA: CONTRIBUIÇÕES DA ECONOMIA POLÍTICA PARA COMPREENDER A HEGEMONIA DO PETRÓLEO E OS DESAFIOS DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA**

Para analisar as transições energéticas e as formas de energia que se tornaram hegemônicas e as disputas ocorridas a partir da emergência, concomitante e interligada, da Revolução Industrial e do capitalismo, é conveniente recuperar conceitos e categorias de análise construídas por Marx para compreender as leis do modo capitalista de produção e, de forma especial, a esfera da produção e circulação, a mais-valia simples, a mais-valia relativa e sua variante extraordinária, a concorrência, preço de produção e preço (livros I e II) e os conceitos de renda, lucro suplementar e excedente econômico (livro III).

Esses conceitos são necessários para a compreensão da lógica subjacente às transições energéticas passadas — da lenha para o carvão, do carvão para o petróleo e eletricidade —, e servem de balizas para avaliar os desafios de uma nova transição que está sendo proposta para viabilizar a desfossilização da estrutura de produção. Sob a égide do sistema capitalista, a análise da lógica e de suas leis intrínsecas constitui referência para avaliar a possibilidade e viabilidade social, econômica e política dessa transformação da base produtiva enquanto o capitalismo for hegemônico.

### 3.1. O SURGIMENTO DO CAPITALISMO E O PAPEL DA APROPRIAÇÃO DA ENERGIA

No seu estágio final, a Revolução Agrícola, na Europa, assumiu a estrutura feudal, cuja crise criou as condições para o surgimento da burguesia e a gênese do capitalismo, que se baseia na busca da mais-valia, absoluta e relativa, e elevou o desenvolvimento da produtividade do trabalho, em comparação com as formações sociais precedentes. A estratégia de acumulação capitalista lança mão de dois mecanismos: estender a duração da jornada de trabalho mantendo o salário constante, extraindo a mais-valia absoluta; ou ampliar a produtividade física do trabalho pela via da mecanização, somente possível com o uso de fonte energética externa, para extrair a mais-valia relativa, e uma forma especial da mais-valia relativa, a mais-valia extraordinária. A mais-valia se torna relativa quando está vinculada ao fato de o lucro depender das demais condições sociais de produção. Sob o capitalismo, num primeiro momento, o uso das máquinas, com força motriz associada, permitiu a ampliação do lucro. Porém, em um ambiente concorrencial, tende a ocorrer a equalização das condições de produção, o que pressiona o valor do produto novamente para baixo, com a diminuição do lucro. Portanto, a conjugação do binômio composto por máquina e fonte de energia, que permite a sua operação (força motriz, na potência necessária), constituiu uma plataforma de inovações sucessivas para permitir a elevação da produtividade do trabalho, e assim, a cada ciclo de inovação, permitir a extração de mais-valia relativa, ainda que apenas temporariamente. Produção de mais-valia relativa constitui uma forma de incrementar a produção do excedente a ser apropriado pelo capitalista. Esse processo não é ilimitado nem é absoluto, pois depende do mercado e também está determinado pelas condições de desenvolvimento dos meios de produção, do progresso técnico. Uma forma especial da mais-valia relativa é a mais-valia extraordinária, que é, conforme o *Manual de economia política* (Academia de Ciências da URSS, 1959), na seção “A mais-valia extraordinária” do capítulo IV,

obtida naqueles casos em que capitalistas isolados introduzem em suas empresas máquinas e métodos de produção mais aperfeiçoados em relação àqueles empregados na maioria das empresas do mesmo ramo. Por esse meio, alguns capitalistas obtêm em suas empresas uma produtividade do trabalho mais elevada em relação às condições médias existentes naquele ramo da produção. Em consequência, o valor individual da mercadoria produzida nas empresas desses capitalistas revela-se inferior ao valor social desta mercadoria. Mas, como o preço da mercadoria é determinado pelo seu valor social, esses capitalistas auferem uma taxa mais elevada de mais-valia em relação à taxa corrente.

A ampliação da mais-valia relativa significou o desenvolvimento da produtividade do trabalho pelo capital, que por sua vez guardou vínculo direto com a apropriação dos recursos energéticos específicos em cada um dos três estágios do desenvolvimento capita-

lista. Segundo Marx, esses estágios históricos fundamentais, responsáveis pela elevação da produtividade do trabalho pelo capitalismo, foram: 1) a cooperação simples; 2) a divisão do trabalho sob a manufatura, que propiciou a concentração dos meios de produção em mãos do capitalista; e 3) a introdução da máquina e a criação da grande indústria, que passou a depender de fonte de energia, o carvão.

Nas duas primeiras etapas a produção era baseada no trabalho manual, tendo como fonte complementar de energia a biomassa, sob a forma de lenha e carvão vegetal, principalmente para a produção de ferro, metalurgia. Com base em técnica primitiva e no trabalho manual, a manufatura era capaz de atender à procura de mercadorias industriais no mercado em expansão, e a busca da mais-valia, limitada pelo trabalho manual e a técnica artesanal, engendrou as condições para a grande produção mecanizada, desencadeando a Revolução Industrial na segunda metade do século XVIII. A base material e técnica da revolução, estendida no curso do século XIX aos mais importantes países capitalistas da Europa e aos Estados Unidos, foi a máquina acionada por força motriz externa mediante o uso de fonte de energia.

Durante os dois primeiros estágios, da cooperação simples e da manufatura, o capitalismo não podia realizar uma radical revolução na vida econômica da sociedade, uma vez que a produção era baseada no trabalho manual. As condições políticas e sociais da Inglaterra propiciaram a gênese da Revolução Industrial: abolição da servidão antes dos demais países, vitória da revolução burguesa no século XVII, liquidação do sistema feudal, estágio avançado das manufaturas, despossessão violenta dos camponeses de suas terras e acumulação de capitais pelo mercantilismo, pronto para ampliar seu alcance em escala global e promover o saqueio das colônias como fonte de matérias-primas.

A manufatura mais avançada era a do setor têxtil, que combinou inovações: inicialmente a lançadeira volante, que dobrava a produtividade do tecelão, seguida da máquina de fiar, com múltiplos fusos, e finalmente o tear mecânico. A força motriz para acionamento das máquinas inicialmente era o próprio homem ou tração animal; em seguida foram empregadas as rodas-d'água, com o aproveitamento de potenciais em rios, o que limitava sobremaneira a possibilidade de expansão, tanto pela imobilidade da fonte quanto pela potência disponível. Essa sequência de inovações, que alijou o trabalho manual, ensejou o crescimento vertical da produtividade do trabalho na fiação.

A nova base energética emerge a partir da solução de outro problema: o esgotamento da capacidade de produzir simultaneamente alimentos para pessoas e animais, a lenha necessária para a construção civil e naval, cocção, aquecimento e, acima de tudo, para o carvão vegetal requerido para a produção de ferro. O uso do carvão mineral para a metalurgia desencadeou uma nova sequência de inovações: os dispositivos primitivos de pistões movidos com vapor do próprio carvão passaram a ser usados para drenar as minas inundadas pelas chuvas e foram aperfeiçoados para a produção de força motriz de forma autônoma, onde fosse requerida. Foi a libertação ante um conjunto de restrições. O acesso aos estoques de carvão, praticamente ilimitados, eliminou a dependência de fluxos e ciclos naturais anuais e da fotossíntese para a produção. A flexibilidade de transportar o carvão para onde fosse conveniente criou a possibilidade de expansão ilimitada, para qualquer parte, das unidades de produção, ancorada na propulsão a vapor das embarcações, até então limitada pela propulsão a vela, e dos trens.

Assim, a apropriação da energia do vapor gerado com o carvão, cujos limites dependiam apenas da capacidade de mobilizar capitais para construir as fábricas, propiciando



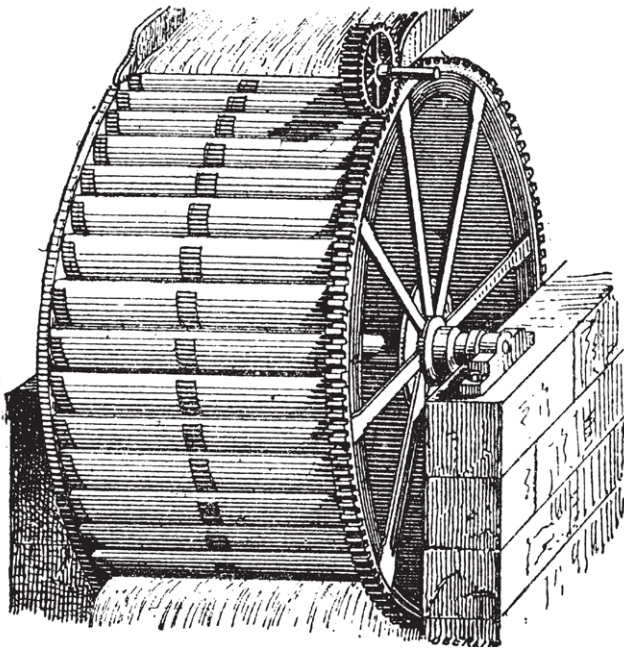


Ilustração de roda-d'água do século XIX

a expansão extraordinária da produtividade do trabalho, permitia cumprir o objetivo da captura insaciável da mais-valia relativa em escala sem precedentes. O uso da propulsão gerada pelas máquinas a vapor nos trens e navios ampliou a capacidade de transporte de mercadorias e matérias-primas para todos os territórios e regiões do planeta. Foi também o impulso para ampliar a esfera da circulação das mercadorias e a apropriação de mais-valia e de insumos em escala global, estruturando as bases do imperialismo, sustentado pelo novo poderio militar, a hegemonia da Marinha inglesa em todos os mares do planeta, que teve na propulsão a vapor seu fator decisivo.

Além das noções estabelecidas de valor, valor de uso e valor de troca, subentendidas neste texto, é conveniente recuperar os conceitos de preço e preço de produção.

De acordo com o *Manual de economia política* (Academia de Ciências da URSS, 1959), na seção “Formação da taxa média de lucro e transformação do valor das mercadorias em preço de produção”:

No capitalismo, a distribuição dos capitais entre os diferentes ramos da produção e o desenvolvimento da técnica processam-se em meio a uma encarniçada luta de concorrência.

É necessário distinguir a concorrência dentro de cada ramo da concorrência entre os diferentes ramos.

A *concorrência dentro de cada ramo* é a que se estabelece entre as empresas de um mesmo ramo, produtoras de mercadorias do mesmo gênero, buscando maiores vantagens na venda dessas mercadorias e a obtenção de lucros suplementares. As diferentes empresas trabalham em condições diversas e diferenciam-se umas das outras pelas proporções da empresa, pelo nível de dotação técnica e de organização da produção. Devido a isto, não é o mesmo o valor individual das mercadorias produzidas por diferentes empresas. Entretanto, o preço das mercadorias não é determinado pelos seus valores individuais, mas pelo valor social. O processo de formação do valor social opera-se espontaneamente, através da concorrência entre empresas de um mesmo ramo.

A grandeza do valor social das mercadorias depende, como já foi visto, das condições médias de produção num determinado ramo. Tendo em vista o fato de que o preço das mercadorias é determinado por seu valor social, levam a melhor aquelas empresas em que a técnica da produção e a produtividade do trabalho são mais elevadas do que o nível médio no ramo considerado e, em consequência, o valor individual das mercadorias é mais baixo do que o valor social. Estas empresas auferem um lucro suplementar, ou *superlucro*, que representa uma forma da mais-valia extraordinária [...]. A concorrência impele o capitalista, na corrida ao lucro mais elevado, a empenhar-se na redução do valor individual das mercadorias elaboradas em sua empresa, relativamente ao valor social. Nem todos os capitalistas, porém, conseguem tal coisa. Ao contrário, para muitos empresários o valor individual das mercadorias permanece mais alto do que o valor social. Assim, em consequência da concorrência dentro de cada ramo, em diferentes empresas de um ramo dado formam-se taxas de lucro diversas. A concorrência entre as empresas de um mesmo ramo acarreta o deslocamento das pequenas e médias empresas pelas grandes empresas.

A fim de resistir na luta de concorrência, os capitalistas — proprietários de empresas atrasadas — esforçam-se por introduzir os aperfeiçoamentos técnicos empregados pelos seus concorrentes — proprietários das empresas tecnicamente mais desenvolvidas. Devido a isto, modificam-se as condições médias de produção no ramo considerado e, conseqüentemente, reduz-se o valor social das mercadorias. Ao mesmo tempo, a introdução de aperfeiçoamentos técnicos traz implícita a elevação da composição orgânica do capital para todo o ramo, em seu conjunto. Agora, o *superlucro*, que vinham recebendo os capitalistas donos de empresas tecnicamente mais desenvolvidas, deixa de existir e verifica-se uma baixa da taxa média de lucro para todo o ramo. Isto obriga os capitalistas a novamente introduzir aperfeiçoamentos técnicos. Assim, no processo da concorrência dentro de cada ramo, desenvolve-se a técnica e crescem as forças produtivas.

*A concorrência entre os diferentes ramos é aquela que se estabelece entre os capitalistas dos diferentes ramos da produção por uma inversão mais lucrativa do capital. Os capitais empregados nos diferentes ramos da produção possuem composições orgânicas diversas. Uma vez que a mais-valia é criada exclusivamente pelo trabalho dos operários assalariados, nas empresas daqueles ramos onde predomina uma baixa composição orgânica do capital, um capital da mesma grandeza e com uma taxa igual de mais-valia produz uma massa relativamente maior de mais-valia. Já nas empresas onde a composição orgânica do capital é mais elevada, produz-se uma massa relativamente menor de mais-valia para um capital da mesma grandeza. Todavia, a luta de concorrência entre os capitalistas dos diferentes ramos faz com que se nivelem as proporções dos lucros sobre os capitais de iguais dimensões.*

[...]

O preço resultante da soma do custo de produção da mercadoria com o lucro médio é o *preço de produção*. Para empresas individuais de um mesmo ramo, em consequência das diferenças nas condições de produção, existem diferentes preços de produção individuais, que são determinados pelos custos de produção individuais mais o lucro médio. As mercadorias, porém, realizam-se em média por um preço de produção comum, igual.

Para analisar as transições energéticas e as formas de energia que se tornaram hegemônicas e as disputas ocorridas a partir da emergência, concomitante e interligada, da Revolução Industrial e do capitalismo, é conveniente recuperar conceitos e categorias de análise construídas por Marx para compreender as leis do modo capitalista de produção e, de forma especial, a esfera da produção e circulação, a mais-valia simples, a mais-valia relativa e sua variante extraordinária, a concorrência, preço de produção e preço (livros I e II) e os conceitos de renda, lucro suplementar e excedente econômico (livro III)

Quando levadas ao mercado, as mercadorias, que têm um valor de uso, valor e valor de troca, são expressas em dinheiro pelo seu preço, assumindo a forma de equivalente geral do valor:

O preço só acontece quando a mercadoria entra no processo de circulação, inferindo sobre ele determinadas forças competitivas do mercado, as quais são exógenas à produção acabada da mercadoria, fazendo com que ele possa se alterar drasticamente ou não em relação ao valor. [... O valor é] formado a partir do trabalho humano abstrato socialmente necessário. Tem como requisito necessário o valor de uso, não somente para si, como para outrem. Acontece na esfera da produção. Não se influencia estritamente pela oferta e demanda. [... O preço é] formado a partir do valor de troca de uma mercadoria. Tem como requisito necessário o próprio valor o qual vai expressar e a mercadoria-dinheiro. Acontece na esfera da circulação. Existe uma considerável influência [da] oferta e demanda [na sua oscilação] (Santiago, 2019).

### 3.2. TEORIA DAS RENDAS DE MARX E ENERGIA

Conforme Sauer (1981), com base em conceitos referenciados em Massarat (1979) e na teoria da renda de Marx (1968a), o preço de mercado das fontes primárias de energia passou a servir como mecanismo de repartição do excedente econômico, associado à sua apro-

priação na estrutura de produção, entre o capitalista proprietário ou controlador do recurso e o comprador que o utiliza para a produção de mercadorias ou para o transporte. O preço de mercado dessas matérias-primas é regulado pelo preço individual das matérias-primas produzidas nas piores condições, mas ainda necessárias para atender à demanda, constituindo as condições-limite. Os produtores que produzem nessas condições obtêm justamente o lucro médio (para a economia), e os que produzem em melhores condições obtêm um super-lucro, lucro suplementar ou excedente, que constitui uma renda diferencial, enquanto os que produzem em condições piores que as do limite são eliminados do mercado. Nas condições que emergiram após a segunda fase da Revolução Industrial, o petróleo assumiu o papel de recurso mais favorável para permitir a geração de excedente, e passou a prover a grande massa de matérias energéticas necessárias no mercado mundial, enquanto o carvão ainda se apresentava como a alternativa capaz de satisfazer todas as necessidades, porém a um preço de produção superior ao do petróleo.

A teoria da renda de Karl Marx foi concebida para analisar as relações econômicas e sociais com a terra (renda da terra), mas serve como referencial teórico para a compreensão das relações com outros recursos naturais, como energia e, particularmente, o petróleo. Os fundamentos estão em *O Capital*, livro III, seção VI (Marx, *s.d.*) e também nos *Manuscritos econômico-filosóficos* (Marx, 2005), nos *Grundrisse* (Marx, 1997) e nas *Teorias da mais-valia* (Marx, 1968b). O ponto de partida para Marx foram autores como Adam Smith, de *A riqueza das nações*, e David Ricardo, de *Princípios de tributação e economia política*. Desenvolveu, principalmente a partir de Ricardo, sua concepção acerca da renda.

Marx exemplificou a aplicação da teoria da renda a outros recursos naturais, como os extraídos nas atividades de mineração, e, no campo da energia, ao potencial associado às quedas-d'água (Marx, *s.d.*, p. 440). Esses conceitos presentes na teoria da renda de Marx são fundamentais para a compreensão da apropriação das rendas associada à apropriação dos recursos energéticos, particularmente o petróleo. As categorias das rendas permitem elucidar as questões e especificidades associadas a cada segmento da cadeia de produção do petróleo e seus derivados. O que é de particular importância nesse caso é a compreensão do conceito de propriedade sobre os recursos petrolíferos, por meio de uma transposição do que Marx classificou como “proprietário de terra” para o atual “proprietário do petróleo”, e as implicações que isso traz em termos de geração de excedente econômico para esse proprietário e para os demais socialmente e economicamente envolvidos na relação de produção.

Mais recentemente, autores como Alvarez (1988; 2000), Bina (1989; 1992), Harvey (1982), Massarrat (1980; 2001; 2006), Mommer (1988; 2003), Paulani (2012), Pistonesi (1993) e Sauer (1981; 2011) exercitaram a aplicação dos conceitos de Marx e de seus antecessores aos problemas atuais. O ponto de partida para Marx foi o trabalho sobre a renda da terra, conhecida como renda diferencial, de acordo com David Ricardo. Para Ricardo, como existem terras que são naturalmente mais férteis e favoráveis à produção do que outras, aqueles com acesso a essas terras se apropriariam da diferença positiva de fertilidade na forma de um valor excedente, a renda da terra. Segundo Ricardo, a renda da terra seria gerada sempre por uma diferença entre o preço de produção individual em determinada terra e o preço de mercado do produto, determinado pelas condições de produção na pior porção de terra que ainda se mantém no mercado e que, por ser a pior, não geraria renda alguma. Somente as demais, mais férteis, gerariam renda na proporção da diferença de sua produtividade individual em comparação com a produtividade média do mercado (Harvey, 1982, p. 335-336,



Plataforma de exploração de petróleo e gás em alto-mar

353-354; Paulani, 2012, p. 3). Para Marx, discordando de Ricardo, a renda diferencial não é gerada apenas por diferenças naturais de fertilidade do solo, mas também por diferenças de fertilidade que podem ser social e historicamente produzidas. Para Marx, ao se aplicar capital sobre a terra, pode-se elevar sua produtividade, igualando-a a uma porção de terra que tenha originalmente e naturalmente boa fertilidade. Assim, ambas teriam as mesmas condições de produtividade e geração de excedentes econômicos. O excedente gerado na terra onde foi aplicado capital será apropriado como uma renda diferencial artificialmente produzida (Harvey, 1982, p. 337, 354-356; Marx, *s.d.*, p. 442; Paulani, 2012, p. 6-7). O ponto fundamental da discordância com Ricardo é que para Marx, apesar de existirem diferenças de produtividade (fertilidade) entre as porções de terra, o que gera a renda diferencial não são propriamente essas diferenças, mas sim o fato de existir uma propriedade privada sobre a terra. Com o advento da propriedade privada, configura-se um monopólio de acesso à terra, e os proprietários podem exigir um pagamento por esse acesso. Dessa forma os proprietários que têm o monopólio do acesso às terras mais férteis podem exigir um pagamento superior ao da média das propriedades, apropriado como renda (Harvey, 1982, p. 335-336; Marx, *s.d.*, p. 440-441; Paulani, 2012, p. 5). O proprietário de terras passa a receber um valor que não é fruto de seu trabalho. Ele recebe parte do valor excedente que está nas mãos do capitalista sem fazer nada mais do que possuir a terra (Harvey, 1982, p. 347, 367). Surge o rentista, que permanece até os dias atuais, não mais somente pela propriedade de terras, mas nos mais diversos setores da economia.

Marx, contrapondo-se à tese de Ricardo, que diz que a pior porção de terra presente no mercado não geraria renda alguma, entende que, com o advento da propriedade privada, até o proprietário da pior terra precisa ser remunerado para dar acesso ao produtor. Assim, sempre haverá um mínimo de remuneração pelo acesso à terra, pagamento esse que ele chamou de renda absoluta (Harvey, 1982, p. 350-353; Paulani, 2012, p. 8-9). Dessa forma, como a renda absoluta é paga por todos os produtores, seu valor está embutido no preço de todos os bens produzidos. Assim, o valor dos bens nunca poderá diminuir até chegar ao seu preço de produção (Harvey, 1982, p. 350-353; Paulani, 2012, p. 8-9).

O espectro que paira sobre todos os debates da transição energética, embora raramente mencionado, é do sistema capitalista de produção, com sua resiliência, capacidade de adaptação, controle sobre as estruturas de poder e criatividade para converter toda e qualquer aspiração em mercadoria, portadora de excedente a ser apropriado

O conceito de renda de monopólio também foi desenvolvido por Marx: há determinados produtos que não têm seu preço de venda determinado pelo preço de produção, mas sim pela disposição de pagar de seus consumidores. Isso ocorre em casos de produtos muito especiais, com características únicas, e, nesses casos, a renda apropriada depende do valor máximo de venda do produto, já que será a diferença entre o preço de produção e esse valor de venda (Harvey, 1982, p. 350; Paulani, 2012, p. 9-10). Um resumo dos diferentes tipos de renda segundo a teoria da renda em Marx e a apropriação do conceito para o caso do petróleo é apresentado no quadro 1.

### Quadro 1 — Resumo das categorias da teoria da renda e adaptação ao caso do petróleo

Categoria de renda	Conceito original da renda da terra	Apropriação do conceito para renda do petróleo
<b>Renda diferencial 1: por diferenças naturais de produtividade</b>	As diferenças de produtividade ocorrem pelas diferentes qualidades naturais que cada terra possui. Em uma terra mais fértil, o valor excedente é superior à média dos valores das demais terras e essa diferença é apropriada como renda. Essa renda não está vinculada ao processo produtivo propriamente, mas sim à propriedade de terras com qualidades naturais mais favoráveis à produção.	A apropriação do conceito para o caso do petróleo está vinculada à qualidade da substância, como seu teor de enxofre e densidade (grau API). Teor de enxofre mais baixo permite a produção de derivados com menores custos de dessulfurização, ou remoção de enxofre. Menor densidade ou maior grau API permite a produção de derivados leves (como gasolina e diesel), de maior procura e maior valor no mercado, a custos mais baixos. Aparece como <i>spread</i> , ou diferença entre os preços de referência de petróleos leves como Brent ou WTI, e os mais pesados, por exemplo, que geram <i>spread</i> da ordem de até 10 dólares por barril.

<p><b>Renda diferencial 2: por diferenças de produtividade artificialmente obtidas</b></p>	<p>As diferenças de produtividade não eram apenas um resultado natural vinculado à qualidade das terras, mas podiam também ser obtidas com a aplicação de capital, ou seja, poderiam ser social e historicamente construídas mediante a aplicação de capital em porções de terra, propiciando a elevação do seu patamar de produtividade ao daquelas consideradas mais favoráveis, permitindo assim a produção de um valor excedente que é apropriado como renda. No entanto, é difícil separar no excedente gerado o que é decorrente do capital aplicado e o que é a renda da terra, propriamente.</p>	<p>A apropriação deste conceito para o caso do petróleo está vinculada à alocação de capital em: processos que permitem o uso de recursos de qualidade reduzida, como os que viabilizam o transporte e comercialização do petróleo extrapesado, pastoso; processos para aumentar o fator de recuperação em campos de petróleo (EOR — <i>enhanced oil recovery</i>) mediante aplicação de capital; investimentos em tecnologias de refino que permitem a produção de derivados de alta qualidade a partir de petróleos pesados, mediante hidrocraqueamento e coqueificação.</p>
<p><b>Renda absoluta</b></p>	<p>Este caso é o pagamento de uma renda simplesmente para ter acesso à terra. Como o proprietário tem o monopólio do acesso à terra, o produtor que desejar esse acesso deverá pagar um valor mínimo, mesmo que seja pela pior das terras. Esse valor é a renda absoluta. Ela estará embutida no preço dos bens produzidos, por isso os preços nunca descem até o preço de produção, pois sempre estarão adicionados da renda absoluta.</p>	<p>Este é o caso de pagamentos exigidos pelo proprietário dos campos de petróleo para ter acesso ao petróleo já descoberto ou realizar pesquisa e exploração nas bacias sedimentares com potencial petrolífero. No Brasil, segundo o artigo 20 da Constituição Federal, os recursos do subsolo, como minérios e petróleo, e potenciais hidráulicos são bens da nação, portanto propiciadores de renda absoluta.</p>
<p><b>Renda de monopólio</b></p>	<p>A renda de monopólio é gerada no caso de bens muito especiais, quando seu preço de venda é determinado não pelo preço de produção, mas pela disposição dos compradores. A renda apropriada será a diferença entre o valor pago pelos compradores e o preço real de produção do bem.</p>	<p>Desde o início do século XX, o petróleo, por suas características, quando comparado com as alternativas para produção de combustíveis líquidos, como os derivados do carvão ou biocombustíveis, especialmente nos sistemas de transporte, tornou-se a fonte de recursos que permitiu a produção de derivados que, por sua vez, estão na base do incremento extraordinário da produtividade do trabalho socialmente incorporado nos processos de produção e circulação. Portanto, quem controla o suprimento da última porção de petróleo requerido para atender à necessidade de combustíveis líquidos em escala mundial pode exigir que os compradores paguem um preço equivalente ao de suprimento alternativo. Esse é o caso da Opep+, que, operando como oligopólio, supre cerca de 40% da demanda mundial de petróleo. Sem essa parcela, a demanda não seria atendida, pois todos os demais países, exceto Canadá, Noruega e Brasil, são importadores.</p>

Fonte: elaboração própria, com base em Harvey (1982), Paulani (2012) e Rodrigues (2016).

### 3.3. ECONOMIA POLÍTICA, EXCEDENTE ECONÔMICO, RENDAS E VIABILIDADE DAS ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS CONCORRENTES

A acumulação, motor do capitalismo, está baseada na apropriação da mais-valia, tanto relativa quanto extraordinária, mas, principalmente, das rendas absoluta e de monopólio, quando passíveis de ser capturadas em razão da estrutura do regime jurídico de propriedade e de regulação do acesso aos recursos naturais, que têm sido objeto de disputas políticas em todos os países.

As atividades de refino, de distribuição e abastecimento de derivados de petróleo estão sujeitas à concorrência, pois as tecnologias de refino são de livre acesso aos investidores que tenham o capital e as licenças regulatórias, e, por isso, ensejam apenas as rendas diferenciais, vinculadas à posição das refinarias em relação à origem dos tipos de petróleo a serem refinados, à sua distância logística dos mercados abastecidos e principalmente aos investimentos em unidades especializadas de refino ajustadas para processar os diferentes tipos de petróleo, principalmente os mais pesados, de menor preço, fazendo uma arbitragem entre esses fatores de produção para maximizar o lucro. Por essa razão há ciclos de oscilação do lucro, embutido nas margens de refino conforme as circunstâncias de estágio, de expansão econômica, com maior demanda por derivados, ou de estagnação ou mesmo recessão, quando as margens perdem a atratividade e a taxa de lucro. Tipicamente, as margens de refino, calculadas como a diferença entre o preço do barril adquirido para ser refinado e os preços auferidos com a venda dos derivados obtidos com o refino do barril, variam de 4 a 10 dólares por barril. Dessa margem devem ser descontados os custos decorrentes do capital constante e variável, conhecidos como amortização do custo de investimento e custos operacionais da refinaria, compostos por mão de obra, insumos, energia, seguros, taxas, impostos. Portanto, atuando em ambiente concorrencial com os derivados em escala global, as atividades de refino tendem a proporcionar renda diferencial nula, quando seus lucros são os médios das atividades capitalistas, ou mesmo renda diferencial da ordem de 5 dólares por barril refinado, apenas como ilustração, nos períodos de elevada demanda por derivados.

A situação se altera drasticamente quando se trata das rendas absoluta e de monopólio, que, combinadas, atingem patamares de magnitude muito mais elevados. Embora as informações divulgadas sejam escassas, os preços de produção (recuperação do capital constante e variável mais lucro médio) por barril se situa entre 2 dólares, na Arábia Saudita, por produção em terra, 8 dólares, no pré-sal do Brasil (Guedes, 2015), em águas ultra profundas, e 20 dólares, na produção por fratura de folhelho (*shale*) nos Estados Unidos. Quando os preços de venda do barril estão em torno do preço estratégico definido como alvo pela Opep+, da ordem de 80 dólares, a renda petrolífera para petróleos leves se situa entre 60 e 78 dólares por barril. Esse excedente econômico é partilhado entre os atores envolvidos na sua disputa: governos (royalties, participações especiais, impostos, contribuições e assemelhados) e empresas (lucros, dividendos).

Em escala global, com a produção de aproximadamente 100 milhões de barris por dia, 36,5 bilhões por ano, considerando-se um preço de produção de 10 dólares por barril e renda de 70 dólares por barril, a renda anual supera os 2,5 trilhões de dólares. Como o PIB global aproxima-se dos 100 trilhões de dólares, permitindo um excedente anual inferior a 10 trilhões de dólares (depois de abatidos os custos — consumo, salários, depreciações, desgastes do sistema econômico), cerca de 25% desse excedente econômico global tem origem





Sede da petrolífera chinesa CNPC, que integra o grupo das chamadas “novas Sete Irmãs”, ao lado da Saudi Aramco (Arábia Saudita), Gazprom (Rússia), NIOC (Irã), PDVSA (Venezuela), Petrobras (Brasil) e Petronas (Malásia). Pequim, junho de 2010

no acesso a um recurso com essas características, quando apropriado no sistema social de produção, e esse excedente desapareceria, se o petróleo fosse substituído por outros recursos, como biocombustíveis e combustíveis sintéticos, cujos preços de produção se situam entre 60 e 100 dólares por barril equivalente.

Embora não estejam no foco deste trabalho, vale a pena, neste ponto, fazer uma digressão sobre as implicações desse debate na realidade brasileira. No Brasil, com produção anual de aproximadamente 1,1 bilhão de barris por ano, a renda petrolífera se situa em torno de 80 bilhões de dólares por ano, que são apropriados sob forma de royalties e participações especiais no regime de concessão, fração do óleo lucro, no regime de partilha, por imposto de renda e contribuição social e pelos acionistas das empresas petrolíferas sob a forma de lucros apropriados como reserva de capital ou distribuídos como dividendos. Sauer e Rodrigues (2016) apresentam simulação detalhada da geração e destinação do excedente econômico dos campos do pré-sal, sob os regimes de concessão, de partilha da produção e de contratação direta da Petrobras para partilha com característica de prestação de serviços, possibilidade prevista em lei, porém nunca usada pelo governo. Esse regime permitiria a apropriação direta pelo Tesouro Nacional da maior fração da renda petroleira, em detrimento das empresas privadas nacionais e estrangeiras e da Petrobras, que atualmente detêm 46,06% do capital pertencente a fundos estrangeiros (20,36% de ADRs na Bolsa de Nova York), sendo 16,13% de privados nacionais, 28,67% do Tesouro Nacional e 7,94% do BNDES. Assim, 62,19% dos lucros e dividendos são privados. O debate efetivo se situa no campo político, pois há conflito de interesses entre os vários atores envolvidos: a população, os acionistas ou controladores da Petrobras e de outras empresas interessadas e os próprios consumidores de derivados de petróleo no país. Esse debate se transfere para a esfera da organização da indústria de petróleo, do modelo regulatório e dos regimes de produção, que apresentam variações vinculadas a cada perspectiva de interesses defendidos. É preciso iniciar a análise pelo conjunto de interesses conflitantes em torno da função da apropriação dos recursos naturais e da Petrobras na sociedade: a) os acionistas buscam sua valorização, com aceleração da produção a preços elevados dos produtos, visando obter maiores dividendos e aumento na cotação das ações; b) os consumidores de derivados visam obter preços

mais baixos; os contribuintes também, de um lado querendo o aumento de dividendos, e de outro, na condição de consumidores, a redução de preços; c) a população não consumidora ou modicamente consumidora de derivados potencialmente tem por objetivo que a Petrobras, graças a sua capacidade tecnológica e gerencial, construída com o apoio histórico do povo brasileiro, seja instrumento de geração de renda para ser investida em finalidades sociais, educação, saúde pública, previdência, infraestrutura, ciência e tecnologia, principalmente pela exploração racional de recursos como o pré-sal e outras formas de energia; d) integrantes da coalizão do governo, partidos e base aliada têm sistematicamente buscado a instrumentalização da Petrobras para seus propósitos de manutenção do poder e enriquecimento pessoal, indicando e nomeando despachantes de seus interesses para funções de direção; e) finalmente, há um conjunto de interesses externos, que une empresas e governos estrangeiros, vinculados à Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e à China, que têm por objetivo aceder recursos de petróleo, como o pré-sal, visando acelerar a produção e reduzir preços, o que propiciaria o aumento de sua prosperidade e bem-estar. De modo particular, as antigas empresas internacionais de petróleo, originadas das chamadas Sete Irmãs, primas e descendentes, em razão da atuação da Opep+ tiveram uma forte redução no acesso a reservas de petróleo e vêm atuando de forma estruturada para ter acesso a reservas em novas fronteiras, dentre as quais a mais importante em escala mundial é a do pré-sal. Vêm tendo sucesso diante dos governos, com ação concertada nos meios de comunicação, no Congresso, nos partidos políticos e em outros espaços de disputa pela hegemonia cultural e social. Atualmente, mais de um terço do petróleo produzido no Brasil é de empresas internacionais ou privadas nacionais, e não pertence ao governo (2%) ou à Petrobras (63%), cujo capital é 62% privado.

O acesso ao recurso natural, às jazidas de petróleo, com as atividades de exploração e produção (*upstream*) enseja a presença de todas as categorias de renda: diferencial 1 e 2, absoluta e de monopólio, dependendo da estrutura jurídica e de propriedade. Pela dimensão econômica, as rendas absoluta e de monopólio têm estado no centro das disputas geopolíticas e no âmbito das disputas das estruturas jurídicas de regulação, do controle do acesso aos recursos e repartição do excedente econômico, dos regimes de concessão ou partilha, prestação de serviços ou operação por monopólio estatal.

O caso do petróleo apresenta simultaneamente elementos associados à renda absoluta e à renda de monopólio. A renda absoluta depende da natureza do regime jurídico de propriedade e de acesso à sua produção. A renda de monopólio está vinculada às características especiais do combustível, em comparação com todas as demais alternativas, como os líquidos derivados de carvão, biocombustíveis ou combustíveis sintéticos produzidos com hidrogênio de eletrólise combinado quimicamente com carbono.

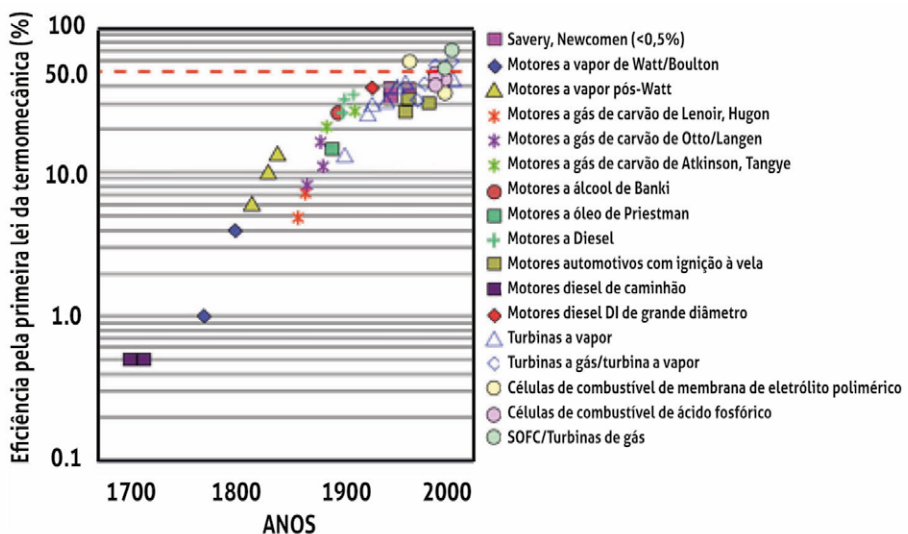
A substituição em larga escala, a partir do início do século XX, das máquinas a vapor usando carvão por máquinas e equipamentos usando combustíveis líquidos, de um lado, e eletricidade, de outro, propiciou um incremento da produtividade do trabalho, gerando excedente econômico e acumulação sem precedentes.

O gráfico 1 apresenta a evolução da eficiência na conversão de energia para geração de força motriz desde o início da Revolução Industrial. Com a evolução técnica dos dispositivos de conversão, a eficiência evoluiu de menos de 0,5% para mais de 50%, um incremento superior a cem vezes. O binômio motor-fonte de energia para a produção da força motriz, movimento, esteve na base do aumento da produtividade, propiciando a geração de mais va-

A consolidação da hegemonia das Sete Irmãs foi processo geopolítico e estratégico, com o apoio dos governos dos países de origem das empresas, alicerçado no exercício de enorme influência sobre os governos dos países onde elas operavam, desestabilizando ou destituindo-os quando necessário ao seu interesse

lia-relativa extraordinária para as empresas pioneiras na adoção das inovações nos processos de concorrência. Nota-se que os motores movidos a gás ou a vapor tendo como fonte primária o carvão foram superados pelos movidos por derivados de petróleo ou gás natural. Os sistemas de ciclo combinado, turbinas a gás e vapor, são os únicos cuja eficiência se aproxima dos 50% atualmente. As células a combustível permitem superar os 50% de eficiência, mesmo assim sua adoção não é ampla, e de longe os motores a combustão interna movidos a combustível líquido ou gasoso predominam. Isso demonstra que o fator decisivo para sua penetração está vinculado ao menor custo total da combinação entre máquina e combustível para produção de força motriz nos sistemas de produção industrial e transporte, uma mediação que resulta da otimização da composição orgânica do capital, proporção entre o capital constante, que engloba os meios de produção, como máquinas, equipamentos e matérias-primas, incluindo a fonte energética, e o capital variável, que representa a força de trabalho humana.

**Gráfico 1 — Evolução da eficiência na conversão de energia desde o início da Revolução Industrial para a geração de força motriz**



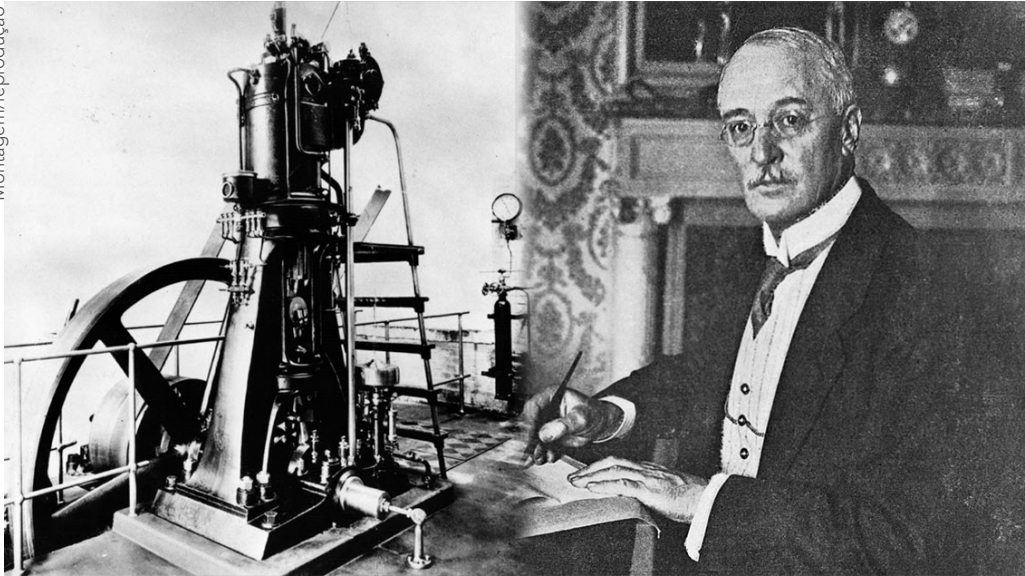
Fonte: notas da disciplina “Energia e sociedade”, ministrada em 2024 no IEE-USP.

Toda a estrutura de produção, de circulação e transporte em escala mundial passou a ter sua infraestrutura, equipamentos e máquinas dependentes do uso de dois vetores de energia (*carriers*): combustíveis líquidos e eletricidade. A transição para novos vetores (portadores) é um processo complexo e de grandes impactos sociais, econômicos, culturais. No campo dos combustíveis líquidos, o petróleo mantém sua hegemonia por ter preços de produção inferiores aos das demais fontes. Essa situação faz com que os consumidores de derivados de petróleo estejam dispostos a pagar pelo petróleo e por seus derivados um preço comparável com aquele dos combustíveis líquidos alternativos. Essa disposição de pagar esse preço está subjacente ao caráter de renda de monopólio do petróleo, associado à natureza e características específicas do petróleo como fonte de energia em comparação com as alternativas que seriam capazes de substituí-lo.

Essas características do petróleo decorrem, principalmente: a) do seu balanço de retorno energético por energia investida (EROI — *energy return on energy invested*), uma medida do esforço energético para a obtenção do petróleo, que por sua vez está vinculado aos trabalhos morto e vivo requeridos; b) de sua densidade energética (energia embutida disponibilizada pelo vetor, por unidade de massa e volume); c) de sua condição fluida líquida, facilitando seu transporte, manipulação e circulação em escala global por dutos, navios, trens e caminhões.

O conceito de renda absoluta do petróleo está vinculado à propriedade e controle de acesso ao recurso, segundo o regime jurídico que disciplina tanto a propriedade quanto o acesso para sua extração. Já o conceito de renda de monopólio do petróleo assume um caráter duplo: a) de um lado, a disposição de pagar dos consumidores para ter acesso ao petróleo e seus derivados está vinculada às características intrínsecas e benefícios propiciados por sua utilização, em comparação aos das outras fontes de energia líquida que poderiam substituí-lo, especialmente o preço de produção inferior ao dessas alternativas, originando excedente econômico; assim, essa condição o erige em monopólio no suprimento de combustíveis líquidos; b) de outro lado, quando o produtor de petróleo também é o proprietário do recurso, a renda absoluta e a renda de monopólio convergem para uma condição singular de simultaneidade. Esse é caso dos países em que a propriedade do recurso natural e a do petróleo produzido são controladas pelo Estado. Na condição em que o regime de propriedade é difuso e com multiplicidade de proprietários, sem coordenação entre eles para garantir a renda absoluta, e em estruturas de mercado nas quais há concorrência entre produtores de petróleo para suprir a demanda total de combustíveis líquidos em escala global, há uma tendência de supressão da renda absoluta e da renda de monopólio, persistindo apenas a apropriação das rendas diferenciais. Nesse caso, o excedente econômico de ambas as rendas desaparece em benefício dos consumidores, que passam a usufruir de preços próximos dos preços de produção. Dessa forma, tanto a estrutura jurídica do regime de propriedade e de acesso à produção do petróleo quanto a estrutura de mercado, com controle dos ritmos de produção e venda para atender à demanda, são decisivos para a geração e apropriação da renda do petróleo. Essa função simultânea atualmente é exercida pela Opep+, formada pela Opep (Organização dos Países Exportadores de Petróleo) em atuação conjunta com a Rússia, dentre outros países.

A conclusão mais importante dessa análise é a de que a possibilidade da ampliação da apropriação de mais-valia relativa, decorrente do incremento extraordinário da produtividade do trabalho, proporcionado pela força motriz do vapor gerado com o uso do carvão,



Rudolf Diesel (1858-1913), engenheiro mecânico franco-alemão inventor do motor a diesel

inaugurou um novo paradigma, que passou a servir de referência para compreender os tipos de recursos energéticos e tecnologias associadas necessárias: a lógica subjacente é obtenção de excedente econômico, na forma de mais-valia relativa, lucro suplementar e rendas diferenciais, sob o regime capitalista concorrencial. E, de forma mais relevante, sob regimes especiais de controle da propriedade dos recursos ou de sua natureza única, específica, o motor da escolha das formas energéticas passa a ser o potencial de apropriação da renda absoluta e da renda de monopólio. Não importa a substância em si da fonte primária de energia, seja esta proveniente de usinas hidráulicas, eólicas ou fotovoltaicas, no caso da lenha, carvão vegetal, petróleo, gás natural ou urânio, nem a natureza da fonte secundária, ou vetor portador do conteúdo energético, como os derivados de petróleo, gás natural, biocombustíveis líquidos ou gasosos, eletricidade, amônia, hidrogênio ou outro; importa, no sistema capitalista, o potencial de contribuição para geração de excedente econômico a ser apropriado. Sob essas condições e limitações, mantida a lógica capitalista, a substituição de fontes de energia portadoras de condições de geração de excedente econômico por outras com menor potencial de fazê-lo constitui um desafio de governança política global, jamais enfrentado anteriormente. Investigações sobre as características específicas com potencial de se transformar em novos vetores energéticos, em substituição aos derivados de petróleo, como o hidrogênio ou eletricidade, para todas atenderem às demandas de energia, como força motriz para o transporte de mercadorias e pessoas e para os processos industriais, térmicos e químicos na indústria, condicionamento ambiental e iluminação nas edificações, são importantes (Aba, Sauer e Amado, 2024). Porém, o espectro que paira sobre todos os debates da transição energética, embora raramente mencionado, é do sistema capitalista de produção, com sua resiliência, capacidade de adaptação, controle sobre as estruturas de poder e criatividade para converter toda e qualquer aspiração em mercadoria, portadora de excedente a ser apropriado. De modo particular no estágio atual da hegemonia financeira, um novo fetiche que ronda as esferas de produção, tanto trabalhadores como proprietários dos meios de produção são convertidos em servos e vassallos do sistema financeiro.

## 4. A DISPUTA GEOPOLÍTICA E ESTRATÉGICA PELA MANUTENÇÃO DA HEGEMONIA DO PETRÓLEO E PELA RENDA PETROLEIRA

O petróleo tornou-se a principal fonte de energia com a consolidação da segunda fase da Revolução Industrial, no início do século XX, o modo de vida urbano-industrial que persiste até agora. É a fonte mais flexível, a que mais facilita a produção, a circulação em escala global e o consumo. A sua apropriação social permitiu uma intensificação extraordinária da produtividade do trabalho. Daí seu enorme valor. O valor excedente que sua introdução gera no processo social de produção e de circulação é enorme quando comparado com o custo de produzi-lo.

O quadro 2 sintetiza os principais fatos e eventos relevantes para a trajetória de consolidação da hegemonia do petróleo como fonte energética.

### Quadro 2 — Fatos, eventos e marcos na consolidação da hegemonia do petróleo

- 1859 — Descoberta de petróleo em Titusville, Pensilvânia, pelo coronel Edwin Drake
- **1870 — A gasolina entra na competição que se estabelecia entre carvão, querosene e óleos vegetais e animais como combustíveis para produzir luz artificial**
- 1882 — Criação da Standard Oil Trust
- 1908 — Descoberta de petróleo na Pérsia; criação da Anglo Persian (posteriormente, BP)
- **1910 — Até então, a gasolina era obtida pela destilação do petróleo bruto**
- 1911 — Divisão da Standard Oil Trust, ordenada pela Suprema Corte
- **1915 — Durante a I Guerra, na Alemanha milhares de motores foram rapidamente modificados e adaptados para funcionar com álcool**
- 1917 — Nacionalização do petróleo pela União Soviética
- 1922 — Criação da YPF Argentina por Mosconi; embate da empresa com a Standard Oil e a Royal Dutch Shell
- 1928 — Celebração do Tratado de Achnacarry entre as Sete Irmãs
- **1935 — Consumo de álcool na Europa alcança os 550 milhões de litros**
- **1937 — Bélgica outorga patente a G. Chavanne, pela descrição do uso de ésteres etílicos de óleo de palma como diesel combustível**
- 1938 — Nacionalização de companhias estrangeiras de petróleo pelo México
- **1942 — Craqueamento catalítico fracionado (FCC), conduzido pela Standard Oil Company de Nova Jersey**
- 1950 — Criação da Saudi Aramco, estatal petrolífera da Arábia Saudita
- 1951 — Nacionalização da Anglo Iranian Oil Company
- 1956 — Descoberta de petróleo na Argélia e Nigéria
- 1960 — Fundação da Opep (Organização dos Países Exportadores de Petróleo), em Bagdá
- 1972 — Nacionalização da Iraq Petroleum Concession
- 1973 — Nacionalização da propriedade do petróleo no Irã
- 2000 — Reestruturação da Opep
- 2006 — Descoberta do pré-sal no Brasil
- 2016 — Criação da Opep+

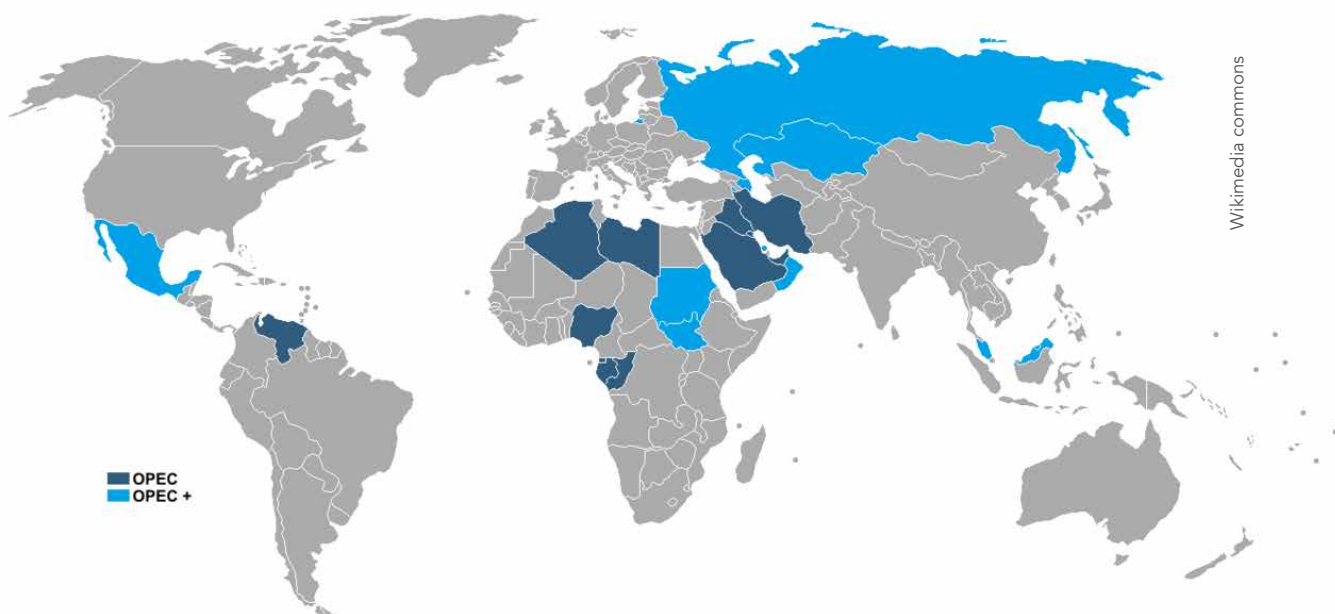
Fonte: elaboração própria para a disciplina “Energia e sociedade”, ministrada em 2024 no IEE-USP.

Pelo pacto celebrado em Achnacarry, castelo na Escócia, em 17 de setembro de 1928, as sete grandes empresas de petróleo do mundo se associaram em forma de cartel para definir o controle, entre elas, tanto volumétrica quanto geograficamente, do mercado do petróleo, da produção à distribuição, em todo o mundo. Essas sete empresas dominaram o mercado entre 1911 e 1960 e são conhecidas como as Sete Irmãs: 1) Standard Oil of New Jersey (Esso), que foi formada pela fusão com a ExxonMobil (EUA); 2) Royal Dutch Shell (anglo-holandesa); 3) Anglo-Iranian Oil Company (AIOC), mais tarde conhecida como British Petroleum (BP, Reino Unido); 4) Standard Oil de Nova York, mais tarde conhecida como Mobil, fazendo parte hoje da ExxonMobil (EUA); 5) Standard Oil da Califórnia, então conhecida como Chevron, que mais tarde se fundiu com a Texaco para formar a Chevron-Texaco, com o nome atual de Chevron Corporation (EUA); 6) Gulf Oil Corporation, que em 1985 foi adquirida pela Chevron quase completamente, enquanto a outra parte das suas ações foi para a BP (EUA); 7) Texaco, que se fundiu com a Chevron em 2001, fusão conhecida por algum tempo como Chevron-Texaco, e em 2005 voltou a se chamar Chevron.

A consolidação da hegemonia das Sete Irmãs foi processo geopolítico e estratégico, com o apoio dos governos dos países de origem das empresas, alicerçado no exercício de enorme influência sobre os governos dos países onde elas operavam, desestabilizando ou destituindo-os quando necessário ao seu interesse. A confluência de interesses entre empresas petrolíferas e governos dos países de origem estava ancorada na geração e apropriação de excedente econômico, que as companhias integradas verticalmente poderiam alocar em qualquer das etapas: na exploração e produção ou no refino e logística de distribuição e comercialização. Para os países e elites consumidores ficava o benefício do incremento da produtividade e do aumento da riqueza e acumulação decorrentes do acesso aos derivados do petróleo. Esse fato concorreu para aprofundar o que passou a ser reconhecido como a dialética da dependência entre os países centrais e os da periferia do sistema econômico mundial, acentuando o contraste entre riqueza e pobreza.

O processo de descolonização e independência de países da África e Ásia, tendo como fundo a Primeira Guerra Mundial, a Crise de 1929 e a Segunda Guerra Mundial, foi impulsionado pela decadência da Europa e pela Carta da ONU, que, em 1945, reconheceu o direito dos povos colonizados à autodeterminação, desencadeando também o sentimento nacionalista, reforçado pela Conferência de Bandung (1955), na Indonésia. Muitos países detentores de recursos petrolíferos passaram a reivindicar e buscar maior participação na riqueza gerada pela produção e uso do petróleo. Nesse contexto, em 1960 foi criada a Opep e são reforçados os processos de nacionalização dos recursos e a criação de empresas nacionais de petróleo, conforme registra o quadro 1.

A indústria do petróleo hoje comporta companhias, ditas “internacionais” ou “independentes” (IOCs — *international oil companies*), de capital privado e cotadas em bolsa, e empresas com controle pelos Estados nacionais, de capital total ou majoritariamente público, ditas “nacionais” (NOCs — *national oil companies*). Arábia Saudita, Argélia, Angola, Emirados Árabes Unidos, Irã, Iraque, Kuwait, Líbia, Nigéria, Venezuela, Congo, Gabão e Guiné Equatorial são membros da Opep, enquanto Rússia, México, Cazaquistão, Oman, Azerbaijão, Malásia, Bahrein, Brunei, Sudão e Sudão do Sul fazem parte do acordo da Opep+. A indústria petrolífera está majoritariamente a cargo de suas NOCs, sendo as operações conduzidas exclusivamente por elas mesmas ou em associação com outras companhias. Fora



Wikimedia commons



Arábia Saudita, Argélia, Angola, Emirados Árabes Unidos, Irã, Iraque, Kuwait, Líbia, Nigéria, Venezuela, Congo, Gabão e Guiné Equatorial são membros da Opep, enquanto Rússia, México, Cazaquistão, Oman, Azerbaijão, Malásia, Bahrein, Brunei, Sudão e Sudão do Sul fazem parte do acordo da Opep+

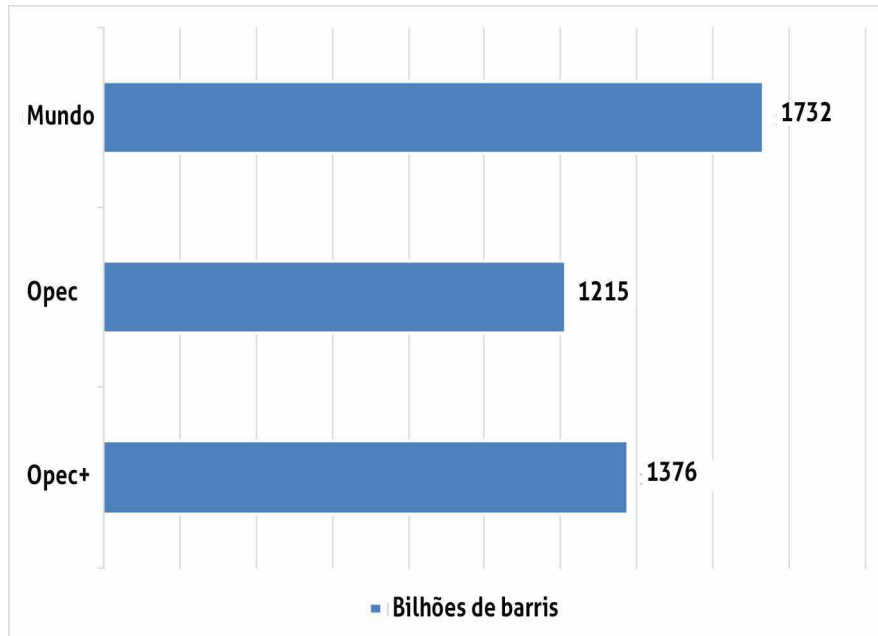
da Opep+ estão as NOCs Equinor (ex-Statoil), na Noruega, Petrobras, no Brasil, Sinopec, CNPC e CNOOC, na China, e ONGC, na Índia.

Quando a Opep foi fundada, em 1960, o controle de reservas de petróleo era o seguinte: 85% cabiam a companhias internacionais de petróleo (IOCs); 14%, à URSS; e apenas 1%, às empresas petrolíferas nacionais (NOCs). Esse baixo nível de controle dos Estados nacionais sobre os recursos foi uma das razões pelas quais os choques petrolíferos de 1973 e 1979 não conseguiram sustentar preços e gerar excedente estável para esses países, para auferir a renda absoluta e exercer sua soberania; a outra foi a exportação de petróleo pela URSS e Mexico, sem coordenação com a Opep. Em 2010, a situação do controle de reservas estava substancialmente revertida: apenas 6% eram das IOCs, 6%, dos russos, e 88%, das NOCs integrantes da Opep. Em razão do seu grau de controle de reservas, segundo o *Financial Times* (Hoyos, 2007), as novas Sete Irmãs, todas estatais, passaram a ser: 1) Saudi Aramco (Arábia Saudita); 2) Gazprom (Rússia); 3) CNPC (China); 4) NIOC (Irã); 5) PDVSA (Venezuela); 6) Petrobras (Brasil); 7) Petronas (Malásia). Essa nova condição, juntamente com a coesão interna dos membros da Opep, atuando de forma cooperativa com a Rússia, desempenhou papel relevante para sustentar a elevação do preço do petróleo iniciada em 2005.

Os gráficos 2 e 3 apresentam o quadro atual das reservas provadas de petróleo no mundo, com a Opep+ no controle de 80% do total.

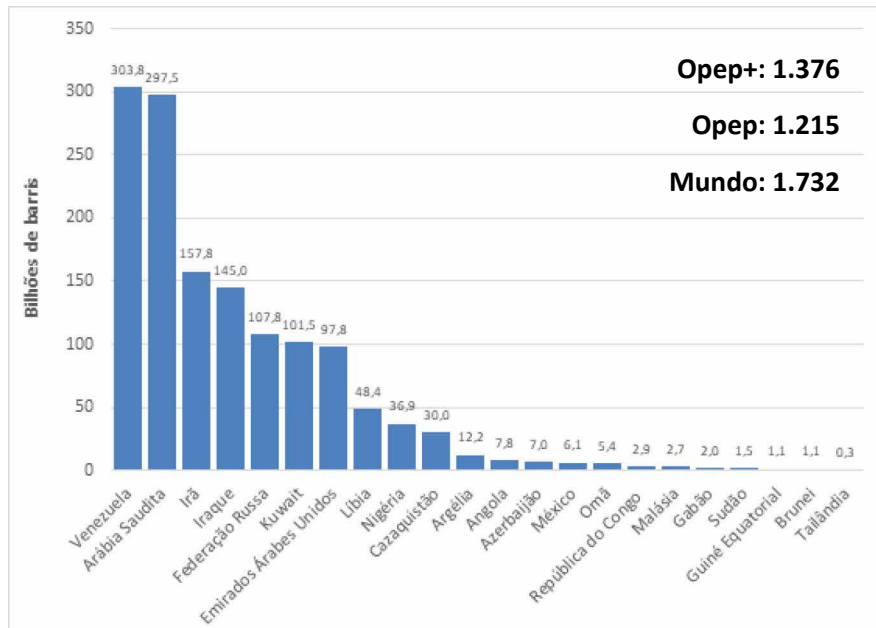


**Gráfico 2 — Reservas provadas de petróleo no mundo, em bilhões de barris — 2020**



Fonte: elaboração própria com dados do Energy Institute (2024).

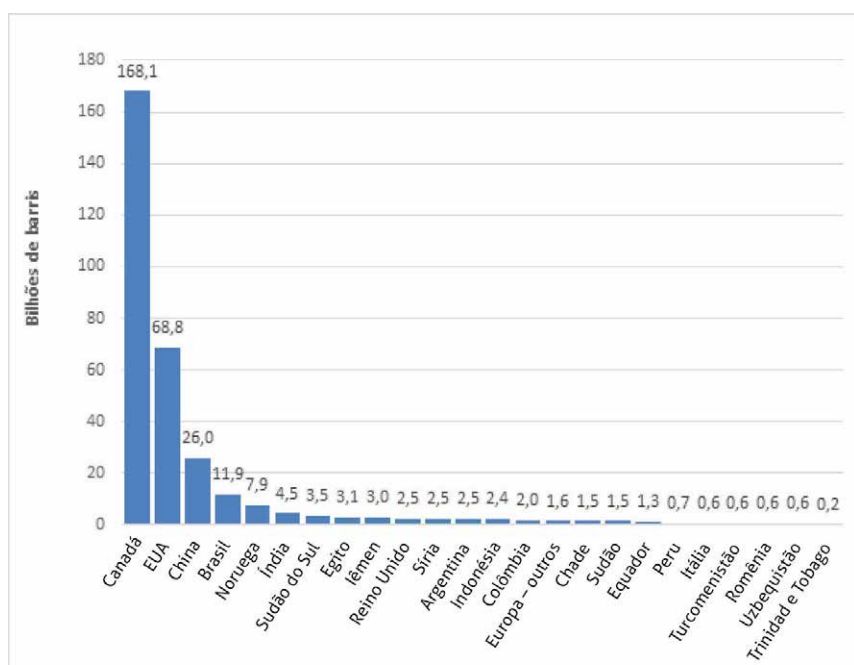
**Gráfico 3 — Reservas provadas de petróleo em países da Opec+, em bilhões de barris — 2020**



Fonte: elaboração própria com dados do Energy Institute (2024). Dados para Bahrein e Sudão do Sul não disponíveis.

O gráfico 4 apresenta as maiores reservas provadas de países fora da Opep+. As mais relevantes são as do Canadá e dos EUA. O caso do Brasil requer explicação: as reservas provadas declaradas, de 11,9 bilhões de barris, são apenas aquelas dos contratos de concessão, pois pertencem às empresas e são avaliadas segundo critérios geológicos e econômicos, sendo os volumes recuperáveis sob a perspectiva de rentabilidade no contexto de preços e competitividade atuais e previstos. Ainda, as estimativas de volumes recuperáveis dos contratos de partilha e volumes excedentes da cessão onerosa e dos contratos de concessão estão entre 80 bilhões e 100 bilhões de barris.

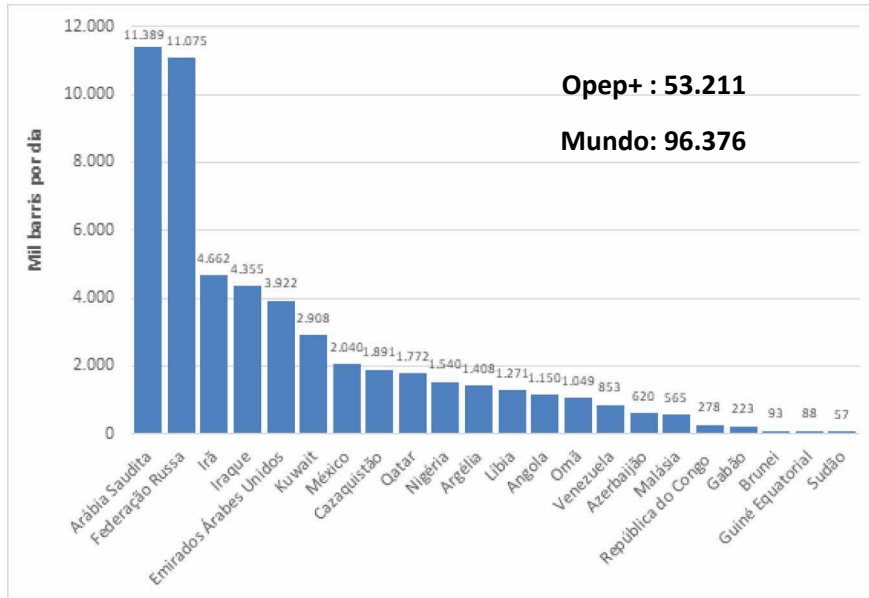
**Gráfico 4 — Maiores reservas provadas de petróleo de países não membros da Opep+, em bilhões de barris — 2020**



Fonte: elaboração própria com dados do Energy Institute (2024).

Os gráficos 5 e 6 apresentam o quadro de produção de petróleo dos países da Opep+ e dos maiores produtores fora da Opep+, em 2023. A produção mundial de petróleo foi de pouco menos de 96,4 bilhões de barris por dia, sem incluir os líquidos condensados do gás natural. A Opep+ foi responsável por aproximadamente 53,2 bilhões de barris diários, mais de 55% do total. Notar que a disponibilidade total, ao incluir os combustíveis líquidos de outras fontes, como condensados, ultrapassou os 100 milhões de barris diários.

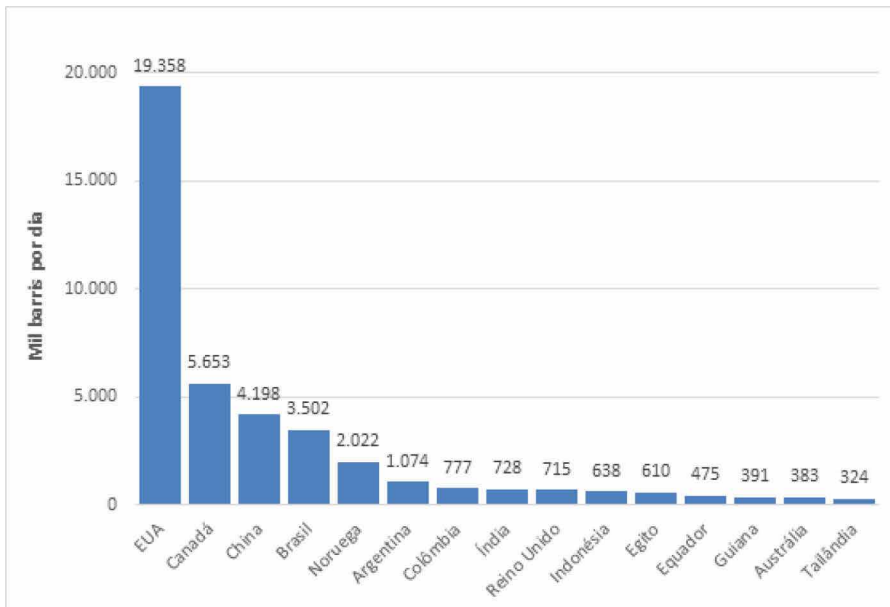
**Gráfico 5 — Produção de petróleo pelos países da Opep+, em mil barris/dia — 2023**



Fonte: elaboração própria com dados do Energy Institute (2024).

Notas: líquidos de gás natural não incluídos. Dados para o Bahrein não disponíveis.

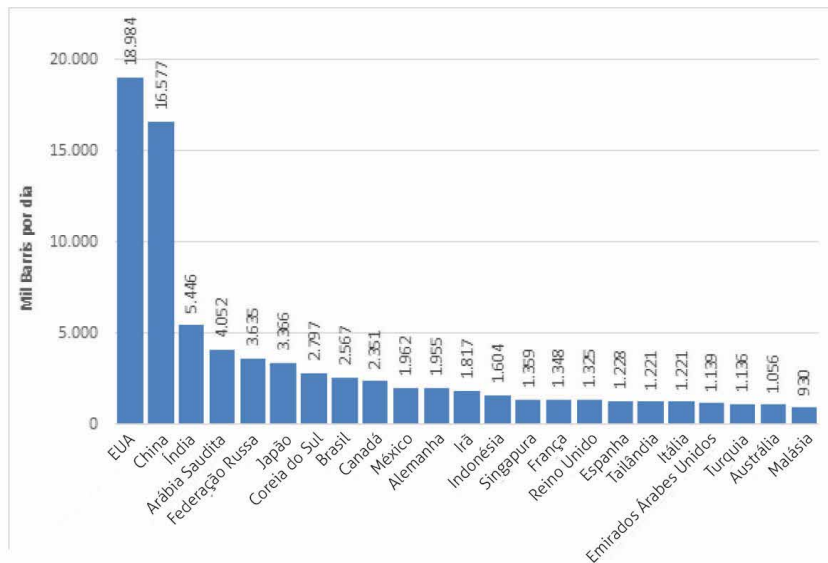
**Gráfico 6 — Maiores produtores de petróleo fora da Opep+, em mil barris/dia — 2023**



Fonte: elaboração própria com dados do Energy Institute (2024).

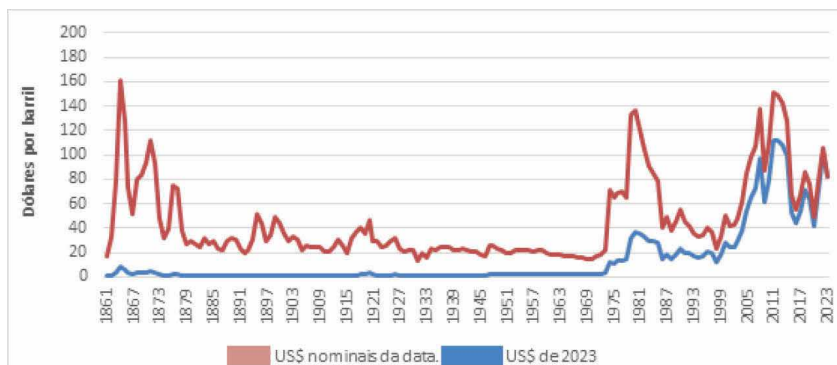
Hoje, o preço de produção do petróleo convencional se situa em torno de 2 dólares por barril na Arábia Saudita, representativo da produção em terra, entre 8 e 10 dólares por barril no caso do pré-sal brasileiro (Guedes, 2015), representativo da produção em águas ultraprofundas, e entre 15 e 20 dólares para o petróleo não convencional (*shale*). E o seu preço no mercado oscilou nos últimos anos entre 50 e 150, em geral situando-se em torno de 80 dólares o barril. Um excedente enorme, de mais de 70 dólares por barril. Surge daí a renda, disputada no campo econômico, político e ideológico pelas grandes empresas e Estados

O gráfico 7 apresenta os maiores consumidores de petróleo do mundo (acima de 1 milhão de barris por dia). A primeira mudança dos últimos anos foi o crescimento extraordinário da produção de petróleo nos Estados Unidos, que se tornaram autossuficientes, passando a ter importações e exportações para ajustes. Esse crescimento foi resultado de iniciativas e de políticas do governo, universidades e empresas para desenvolver os recursos do *shale oil*, óleo dos folhelhos (popularizados como “xistos”), logo após os choques dos anos 1970. A sua viabilização econômica, todavia, somente aconteceu após os aumentos dos preços do petróleo, após a revitalização da Opep na primeira década dos anos 2000. Seus preços de produção se situam entre 15 e 20 dólares por barril, porém com composição orgânica do capital muito inferior à do petróleo convencional. Os investimentos em perfuração e fraturação são baixos, e têm ciclo inferior a 1 ano, com a produção elevada no primeiro ano seguinte, quando praticamente todos os investimentos são recuperados, com taxas de lucro elevadas, embora inferiores às do petróleo convencional. Por essa razão o volume de capital em risco é relativamente baixo e tem tempo de rotação muito curto, comparado com o do petróleo convencional. A difusão desse processo pelo mundo tem sido objeto de ação dos EUA, com o objetivo de buscar reduzir o poder da Opep+. Os maiores produtores e exportadores fora da Opep+ são Canadá, Brasil e Noruega.

**Gráfico 7 — Países com maior consumo de petróleo no mundo, em mil barris/dia — 2023**

Fonte: elaboração própria com dados do Energy Institute (2024).

Conforme demonstra o gráfico 8, depois do fracasso dos choques de 1973 e 1979 o preço do petróleo se estabilizou e iniciou uma escalada em 2000, que depois acelerou até a oscilação em 2008-2009, quando caiu de 140 para 40 dólares por barril, retomou o movimento ascendente até um pouco acima de 100, aí oscilou de 2011 até meados de 2014, quando iniciou uma nova queda gradual até o início de 2015, passando então a oscilar entre 50 e 60 dólares por barril, resultado da decisão saudita de não reduzir as cotas de produção, visando à ampliação da Opep+ para enfrentar as ameaças emergentes aos preços do petróleo, especialmente em razão da produção do petróleo não convencional (*shale*) nos EUA e de outros fatores, como o ressurgimento da mobilidade elétrica e, em menor escala, biocombustíveis. Durante a pandemia novamente houve uma queda. Mas, em média, o preço tem se mantido próximo do alvo estratégico, de 80 dólares por barril, definido em 2005.

**Gráfico 8 — Evolução dos preços do barril de petróleo, em dólares correntes e dólares corrigidos para 2023 pelo Consumer Price Index (EUA) — 1861-2023**

Fonte: elaboração própria com dados do Energy Institute (2024)

Notas: para 1861-1944, média dos EUA; para 1945-1983, Arabian Light em Ras Tanura; para 1984-2023, Brent.

A formação e a oscilação dos preços do petróleo constituem um objeto de análise fundamental pela sua importância para o sistema econômico mundial e pelas suas repercussões. Hoje, o preço de produção do petróleo convencional se situa em torno de 2 dólares por barril na Arábia Saudita, representativo da produção em terra, entre 8 e 10 dólares por barril no caso do pré-sal brasileiro (Guedes, 2015), representativo da produção em águas ultraprofundas, e entre 15 e 20 dólares para o petróleo não convencional (*shale*). E o seu preço no mercado oscilou nos últimos anos entre 50 e 150, em geral situando-se em torno de 80 dólares o barril. Um excedente enorme, de mais de 70 dólares por barril. Surge daí a renda, disputada no campo econômico, político e ideológico pelas grandes empresas e Estados. O sistema econômico mundial consome cerca de 36,7 bilhões de barris anuais, permitindo a geração de um excedente econômico da ordem de 2,5 trilhões de dólares anuais, que é apropriado sob a forma de lucros, dividendos, impostos e transferências, alimentando o processo de acumulação. A redução dos preços do petróleo implica a transferência desse excedente aos consumidores. Como parâmetro de comparação, o excedente econômico mundial pode ser estimado em cerca de 10 trilhões de dólares, aproximadamente 10% do valor bruto mundial produzido, da ordem de 100 trilhões de dólares.

Um documento do governo dos EUA, “Blueprint for a secure energy future” (projeto para um futuro energético seguro), divulgado em 30 de março de 2011, apresenta sete iniciativas: 1) ampliar o desenvolvimento — que já está em curso há mais de 30 anos — dos chamados *shale oil* e *shale gas* americanos, que tiveram oportunidade de expansão, acompanhando a escalada dos preços do petróleo a partir de 2005; 2) exportar essa iniciativa para o mundo inteiro, especialmente para a China, que tem os maiores recursos, e para a América Latina e Europa; 3) incentivar a produção de biocombustíveis no mundo inteiro, em parceria com o Brasil; 4) ampliar a produção de petróleo nos EUA por meio da plataforma continental americana; 5) ampliar as negociações com o México para que a parte mexicana do golfo do México seja aberta à participação externa; 6) estabelecer cooperação entre EUA e Brasil, negociada entre Obama e Rousseff, para promover o desenvolvimento e acelerar a produção dos recursos do pré-sal na plataforma continental brasileira como “interesse comum entre os dois países”; 7) trabalhar pela redução do consumo através da adoção de tecnologias mais eficientes em carros e equipamentos (*The White House, 2011*). Coincidentemente, em iniciativa com sentido semelhante, de fazer frente à Opep, discutia-se na China a proposta de criar uma organização de importadores de petróleo. A intenção subjacente ao “Blueprint for a secure energy future” parece ser minar o equilíbrio entre oferta e demanda controlado pela Opep, através da aceleração da oferta por via da produção em novas fronteiras e modalidades, fora do controle da Opep, e assim buscar afetar a coesão interna da organização, de forma a desequilibrar as bases da sustentação do preço do petróleo.

Atribui-se o fracasso das tentativas dos choques de 1973 e 1979 a um conjunto de fatores: o baixo controle sobre as reservas, então majoritariamente sob controle das IOCs (quadro agora revertido); o elevado volume de petróleo oriundo da União Soviética, que dependia da exportação do produto para gerar divisas necessárias à importação de componentes sensíveis e estratégicos; as exportações do México; o descumprimento e falseamento das cotas de exportação acordadas pelos próprios integrantes da Opep.

Um fato revelador ocorreu no final de 2014, com a queda dos preços em cerca de 50%. A expectativa era de redução do teto da produção da Opep, então em 30 milhões de barris por dia, visando à recomposição dos preços. Todavia, sob a liderança da Arábia Sau-



Reprodução: <https://www.opec.org>

Em 2016, os países-membros da Opec assinaram um acordo com dez outras nações exportadoras de petróleo para criar a Opec+, formando um agrupamento de 23 países e ampliando assim sua capacidade de controle sobre as reservas e produção do petróleo. Na foto, participantes da 1ª Reunião do Comitê de Alto Nível da OPEP e países convidados, realizada em Viena em 29 de Outubro de 2016

dita, a decisão da Opec em sua 166ª Conferência, de novembro de 2014, foi manter o *status quo*, mantendo o teto e continuando a produção no patamar de 29,1 milhões de barris por dia, sob o argumento de que era necessário “manter o atendimento da demanda”. O então ministro saudita do Petróleo, Ali Naimi, expôs a posição do país afirmando que “essa política foi tentada nos anos 1980 e não teve sucesso” (Opec, 2015, tradução nossa). Disse ainda que não reagiria de forma instintiva a flutuações de curto prazo, mantendo uma visão de longo prazo, aguardando pelo equilíbrio entre oferta e demanda. Sobre as teorias atribuindo poder de colusão ou conspiração à Opec, ele afirmou: “Teorias abundam, mas estão todas erradas, [...] a Opec não está morta, nem está travando uma guerra contra o *shale oil* dos EUA.” Sintomaticamente, porém, afirmou que a “Arábia Saudita estava aberta ao estabelecimento de laços firmes com países produtores fora da Opec” (Opec, 2015, tradução nossa). Venezuela e Arábia Saudita promoveram reuniões com a Rússia e o México, e o ministro fez um apelo aos países produtores não membros da Opec para contribuir para o equilíbrio do mercado, dizendo que a Arábia não deveria subsidiar os produtores de custo elevado, e que “não faz sentido que os produtores mais eficientes cortem produção, quando representam apenas 30% da produção”. Reafirmou que a Arábia Saudita não agiria isoladamente e que, “em cooperação com vários países, moderava os níveis de produção para melhorar a situação do mercado. Mas agora a situação é diferente. Precisamos que todos os países com produção relevante cooperem.” (Opec, 2015, tradução nossa)

O resultado concreto dessa ação foi enfraquecer as finanças de países rivais como o Irã, situação resolvida recentemente; gerar um ambiente de incerteza para os investimentos em óleo não convencional dos folhelhos (*shale*) e, de forma contundente, os biocombustíveis, hidrogênio e outras fontes renováveis, e também para a emergente alternativa da mobilidade elétrica, concorrente para reduzir a demanda por petróleo; e mandar um sinal claro exigindo cooperação dos países fora da Opec, para manutenção dos preços em patamar capaz de gerar renda elevada para todos. Como resultado, em 2016 a Opec assinou um acordo com dez outros países exportadores de petróleo para criar a Opec+, formando um agrupamento de 23 países e ampliando assim sua capacidade de controle sobre as reservas e produção do petró-

leo, pois detém a maior parte das reservas de petróleo e são exportadores de última instância, aqueles que suprem a demanda não atendida por produção própria pelos importadores. Entre esses dez países estava o terceiro maior produtor mundial de petróleo em 2022, a Rússia, que naquele ano produziu 13% do total mundial (10,3 milhões de barris por dia). O objetivo declarado da Opep é “coordenar e unificar as políticas petrolíferas entre os países membros” (Opec, 2015, tradução nossa) para garantir preços para os produtores, fornecimento para os consumidores e retorno do capital para os investidores, embora o grupo seja mais conhecido pelo seu efeito nos preços globais do petróleo bruto.

Por seus acordos, manifestações e ações, a Opep, agora ampliada como Opep+, e seus líderes, Arábia Saudita e Rússia, dispõem de instrumentos e poder de mercado para agir para preservar interesses estratégicos. Podem reduzir os preços, abrindo mão, por tempo indeterminado, do excedente econômico, o que causa uma onda de choque sobre os produtores concorrentes, tanto de petróleo como de biocombustíveis, hidrogênio e mobilidade elétrica, cujos preços de produção são superiores aos do petróleo. Isso gera insegurança sobre o retorno e a lucratividade dos investimentos em alternativas que concorrem com o petróleo da Opep+, tanto diretamente, produzindo-se fora do âmbito da Opep+ petróleo convencional ou não, combustíveis sintéticos ou biocombustíveis, quanto indiretamente, pela alteração do paradigma da mobilidade para a eletricidade.

Os preços do petróleo preconizados pela Opep+ giram em torno de 80 dólares por barril, e, com os custos de refino e distribuição, o preço de derivados como gasolina ou diesel se aproxima dos 100 dólares, contendo cerca de 1,75 MWh de energia, que, convertida em trabalho mecânico, atinge um custo de aproximadamente 172 dólares por MWh de trabalho. Já as fontes de eletricidade renovável, como a hidráulica, a fotovoltaica e a eólica, têm um custo da ordem de 30 dólares por MWh, que podem ser convertidos em trabalho mecânico com eficiência da ordem de 85%, considerando-se as perdas no motor e nos sistemas de transmissão e distribuição de eletricidade, o que significa um custo da ordem de 35 dólares por MWh, cerca de 5 vezes menor que o do combustível derivado de petróleo. Porém, falta acrescentar o custo da transmissão e distribuição por redes elétricas, que dependem das configurações geográficas e podem dobrar o custo final. Nesse caso, com o petróleo a 80 dólares por barril e a eletricidade gerada e entregue a 70 dólares por MWh, a eletricidade teria um custo 2,5 menor para o trabalho mecânico equivalente. Porém, em termos de preço de produção, com petróleo a menos de 16 dólares por barril, o petróleo teria um custo 2 vezes inferior. Desse exercício podem ser extraídas duas conclusões: 1) o poder da Opep+ de definir o preço para extração de renda permite o seu controle sobre o preço diretor da energia em escala global, podendo, mediante sua redução, inviabilizar as alternativas concorrentes, como a eletricidade e também os combustíveis sintéticos, biocombustíveis e petróleo não convencional, com preços de produção superiores; 2) a composição orgânica do capital para uma estrutura baseada na vertente elétrica, incluindo geração, transmissão e distribuição de eletricidade em escala intracontinental, é muito superior ao da estrutura de sistema de petróleo, baseada na extração, transporte, refino e distribuição dos derivados em escala global.

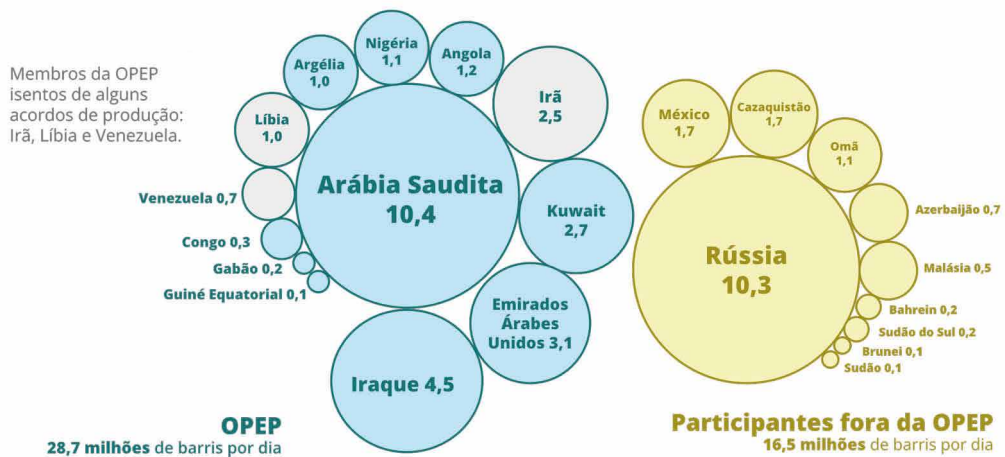
A Opep produziu cerca de 28,7 milhões de barris por dia de petróleo bruto em 2022, o que representou 38% da produção mundial total. O maior produtor e membro mais influente da Opep é a Arábia Saudita, que foi o segundo maior produtor mundial de petróleo em 2022, depois dos Estados Unidos. A produção de petróleo na Rússia permaneceu acima de 10 milhões de barris por dia em 2022, apesar das sanções em resposta à invasão em grande



escala da Ucrânia. Os países da Opep+, combinados, produziram cerca de 59% da produção mundial de petróleo, 48 milhões de barris por dia em 2022, e assim controlam o equilíbrio do mercado petrolífero global e os preços do petróleo agora mais do que nunca. A Opep reúne-se regularmente para definir metas de produção de petróleo e coordenar a produção para ajudar a gerir os preços globais do petróleo para todo o grupo, exercendo portanto o papel de proprietário do recurso e impondo aos compradores a renda absoluta e de monopólio.

Os únicos países exportadores de petróleo relevantes fora do acordo Opep+ são Canadá, Brasil e Noruega, que, por enquanto, se beneficiam dos preços impostos pela Opep+ sem participar da coordenação e assumir responsabilidades correspondentes. Há várias iniciativas visando desestabilizar a coesão da Opep+, dentre elas a ampliação da produção de petróleo, inclusive o não convencional, que tem preços de produção mais elevados, e a retirada da Opep+ de países com reservas relevantes, como a Venezuela, detentora da maior reserva mundial, através da desestabilização de seu regime.

**Gráfico 9 — Produção de petróleo pela Opep+, em milhões de barris/dia — 2022**



Fonte: EIA (2023).

**Nota:** os dados não coincidem inteiramente com os apresentados pelo Energy Institute, usados como fonte principal neste artigo, já que as fontes de dados (Energy Institute, EIA e Opep) têm metodologias próprias de apuração. Além disso, há diferença quanto à forma da computação dos líquidos de gás natural, que correspondem a mais de 5%.

A estabilidade da hegemonia da Opep+, para a manutenção do regime de apropriação da renda absoluta e de monopólio, pode ser ameaçada por ações como: 1) a expansão do número de países com exportação relevante de petróleo, como Canadá, Brasil e Noruega, cujo volume de reservas e capacidade de produção causariam impacto ainda incipiente, condição que no entanto poderia ser alterada, por exemplo, com mudanças radicais na Venezuela, detentora das maiores reservas mundiais; 2) a expansão da produção de petróleo não convencional, *shale oil and gas*, com regime difuso de propriedade e estrutura de mercado concorrencial, conforme o qual os produtores são tomadores do preço de mercado hoje imposto pela Opep+, destruindo sua coesão operativa se a expansão for tão expressiva que

A pergunta a ser respondida é por que o petróleo se tornou hegemônico. O breve histórico do processo confirma a relevância da compreensão de elementos da economia política, como preço de produção e excedente econômico, sob a forma de rendas absoluta e de monopólio, que foram determinantes para a escolha tanto das soluções técnicas dos motores e veículos quanto da fonte e vetor energético, combustível ou eletricidade

tome espaço de mercado da organização; 3) a emergência de nova estrutura de mobilidade, baseada na propulsão com eletricidade, superando as barreiras e desafios que fizeram essa fonte perder a disputa com os motores a combustão de derivados de petróleo, no início do século XX, ou, alternativamente, a mobilidade baseada no hidrogênio, proposto como alternativa para assumir o papel de substituto dos derivados de petróleo, em detrimento ou como complemento da eletricidade; 4) a redução de escala causada pela ampliação dos biocombustíveis, que, todavia, têm sua produção sujeita às limitações inerentes ao uso da terra, à produtividade da fotossíntese e aos impactos na produção de alimentos e, no início da era dos combustíveis líquidos para mobilidade, há um século, não foram capazes de competir com sucesso.

## 5. DESAFIOS PARA UMA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA SOB A ÉGIDE DO SISTEMA CAPITALISTA

Como ressaltado na introdução deste trabalho, não há falta de recursos energéticos naturais renováveis para suprir toda a demanda, tampouco de dispositivos e sistemas tecnológicos de conversão.

Nesse contexto de recursos, uma proposta de grande estratégia mundial para a desfossilização do fornecimento de energia, factível em termos técnicos mas cuja viabilidade econômico-social precisa ser avaliada sob o paradigma metodológico da economia política proposto neste trabalho, está baseada em dois pilares: a) ênfase no vetor eletricidade, proveniente de fontes renováveis (fotovoltaica, eólica, hídrica, combinada com recursos de armazenamento para estabilização de intermitência) para usos finais (força motriz, iluminação, aquecimento, ventilação, ar-condicionado etc.) em edificações dos setores residencial, de serviços, industrial e de transporte intracontinental, de cargas e passageiros, pelas vias ferroviária, rodoviária, hidroviária; b) para os transportes aéreo e marítimo de longa distância, devido à densidade energética inerentemente necessária, continuariam a ser usa-

dos combustíveis líquidos que seriam produzidos com uso de hidrogênio, de fontes renováveis, combinado com carbono, de origem biogênica ou reciclado, produzindo os chamados combustíveis líquidos sustentáveis. Devido à baixa eficiência inerente à fotossíntese para captura e conversão de energia da radiação solar (normalmente de 1,5% a 2,5%), uma ordem de grandeza inferior à conversão fotovoltaica, o uso da terra seria principalmente dedicado à produção de alimentos, e a biomassa teria um papel marginal como fonte de energia, sendo utilizada como fonte de carbono para se combinar com o hidrogênio renovável e produzir combustíveis líquidos, servindo nesse caso o carbono como veículo para liquefazer o hidrogênio. Resíduos de alimentos, resíduos de biomassa e as culturas agrícolas de áreas marginais ou contaminadas permaneceriam como fornecedores de energia e carbono.

Também há outras propostas de estratégia, baseadas na adoção do hidrogênio de fonte renovável em larga escala, como vetor capaz de suprir todas as necessidades, cuja potencialidade foi objeto de investigação de Aba, Sauer e Amado (2024). Estudos recentes como o de Sauer *et al.* (2015) avaliaram a viabilidade da penetração em larga escala da mobilidade elétrica, em função de avanços tecnológicos decorrentes da ampliação das redes elétricas para abastecimento de veículos, dos progressos atingidos com a densidade energética e redução de custos de produção das baterias para armazenamento da eletricidade nos veículos e do cenário de preços de mercado elevados, muito acima dos preços de produção do petróleo, sob comando direto da Opep+.

Uma pequena retrospectiva histórica elucidada a trajetória que levou à hegemonia do petróleo, sempre ancorada na capacidade de contribuir para aumentar a produtividade e gerar excedentes econômicos. Reside aí uma questão que tem recebido escassa atenção nos debates e na formulação de estratégias. No começo do século XX, a definição do tipo de veículo, elétrico ou com motor de combustão, assim como o combustível, derivado de petróleo ou álcool, era uma questão em aberto. A pergunta a ser respondida é por que o petróleo se tornou hegemônico. O breve histórico do processo confirma a relevância da compreensão de elementos da economia política, como preço de produção e excedente econômico, sob a forma de rendas absoluta e de monopólio, que foram determinantes para a escolha tanto das soluções técnicas dos motores e veículos quanto da fonte e vetor energético, combustível ou eletricidade.

Em 1900 havia 2.370 automóveis em Nova York, Chicago e Boston: 1.170 a vapor; 800 elétricos; 400 a gasolina. Em 1908 foram lançados pela Ford os modelos T e A, ambos projetados para funcionar com álcool, gasolina ou com uma mistura de álcool e gasolina. Prosperava a retórica da esperança do equilíbrio rural-urbano, alicerçado no desenvolvimento do álcool combustível, tanto nos Estados Unidos quanto na Alemanha, que já 1899 produzia tratores agrícolas a álcool, e na França, onde o Automobile Club, em 1902, organizou um congresso sobre as aplicações do álcool. Rudolf Diesel registrou em 1897 a patente de seu motor-reator, desenvolvido originalmente para trabalhar com óleo de origem vegetal.

Caraterísticas intrínsecas e fatores físicos e econômicos complementares contribuíram decisivamente para a consolidação da hegemonia do petróleo: sua densidade energética, em termos de conteúdo por unidade de peso e volume; o balanço de energia líquida, em termos de energia investida por energia obtida (Hall; Balogh; Murphy, 2009); e os baixos custos de obtenção, em comparação com as alternativas para obtenção de combustíveis líquidos, como por exemplo o etanol ou o carvão liquefeito. Um fator decisivo foi o processo de craqueamento catalítico desenvolvido pela Esso em 1942, permitindo otimizar a produ-

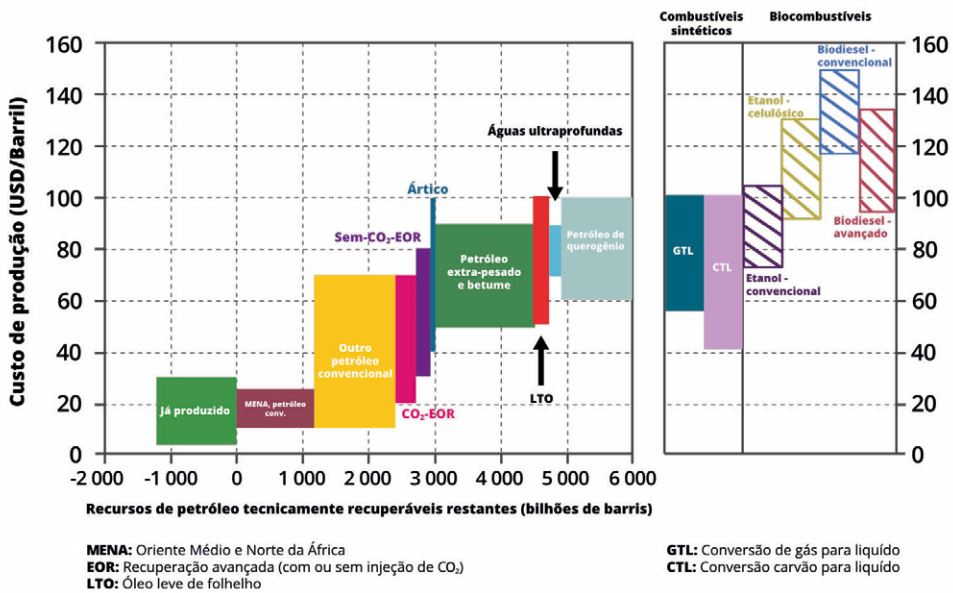
ção de derivados e ajustá-los às especificações dos motores. Um parâmetro para comparar a qualidade relativa de combustíveis ou fontes de energia é o balanço de energia líquida disponível, também conhecido como EROI — *energy return on investment*. Em 1930 o EROI do petróleo nos Estados Unidos foi de 100 barris por cada barril de petróleo investido, em 1970 declinou para 30 por 1, e em 2000 chegou a 11 a 18 por 1 (Hall, 2008). Mas deve-se ver comparativamente o problema desse custo cada vez maior. A fonte alternativa ao petróleo mais competitiva hoje, o etanol brasileiro, tem uma relação de 1 para 8. E o biodiesel, o óleo diesel produzido a partir de vegetais, de 1 para 1. Para o *shale gas*, os resultados são de 1 para 5. E a conversão direta do sol em eletricidade, pela via fotovoltaica, tem uma relação semelhante. Essas características se refletem também em vantagem econômica em termos de custos de produção, permitindo, em determinadas condições, a geração de excedente econômico sob a forma de renda petroleira.

O uso do petróleo e sua relação com as emissões de gás do efeito estufa é uma questão real, mas tem de ser entendida na sua totalidade. O vínculo maior da questão da poluição não é o vínculo natural físico, mas o vínculo social. Assim, o modo capitalista de produção, hegemônico no mundo inteiro, tem promovido uma espécie de necessidade permanente de induzir o aumento do consumo para permitir o aumento da produção e, assim, gerar excedentes econômicos que permitam a acumulação. O problema não está vinculado a uma fonte natural, mas está na sociedade, na sua organização para a produção. A demanda total de petróleo não é determinada por um país, mas pela forma como a organização mundial da produção se dá hoje e como se dá a circulação desta, junto com a circulação de pessoas em escala global. O petróleo continua exercendo um papel essencial para que essa forma de produzir se sustente. Trata-se do funcionamento do mundo real, das sociedades urbanizadas de hoje, com indústrias automobilísticas enormes nos países ricos e crescentes em países em desenvolvimento importantíssimos como a China, por exemplo. De onde vem essa característica especial do petróleo? Hoje, no mundo, o recurso energético de maior disponibilidade em estoque é o carvão. O urânio também existe em grande quantidade. Em termos de fluxo, a quantidade de energia que chega à Terra vinda do Sol e que volta para o espaço após algumas transformações é imensa, e cada uma das três formas que a energia solar assume na sua ação sobre a Terra — a energia hidráulica, a eólica e a da fotossíntese — tem, por ano, um valor maior que todo o estoque de petróleo acumulado, e também que toda a demanda anual de energia. No entanto, em função do papel que o petróleo assumiu no sistema urbano industrial que emergiu da segunda fase da Revolução Industrial, nenhum recurso energético natural contribuiu mais que ele para fazer a roda do consumo girar. E o consumo, por sua vez, move a roda da produção. E esta faz a máquina de geração de excedente funcionar cada vez mais rapidamente. Podem-se imaginar mudanças nesse modelo urbano-industrial e a transição para outro, de menor uso de energia. Para que outras formas de energia desempenhem esse mesmo papel, no entanto, é preciso melhorar as condições técnicas de sua apropriação, para que elas usem menos capital e menos trabalho vivo. Os economistas ecológicos falam da necessidade de mudança desse paradigma. É necessário e é possível. Mas provavelmente levará tempo. Não parece existir neste momento força política global capaz de assegurar e acelerar essa passagem.

O gráfico 10 apresenta uma estimativa de volume e preços de produção dos recursos de petróleo convencional e não convencional e de preços de produção de combustíveis sintéticos e biocombustíveis. Ele ilustra de maneira muito eloquente a vantagem comparativa

dos preços de produção do petróleo convencional em relação às demais alternativas para a produção de combustíveis líquidos. O eixo vertical apresenta o preço de produção, em dólares por barril, e o horizontal apresenta, em sequência, em bilhões de barris, o petróleo já produzido, petróleo convencional da MENA (Oriente Médio e Norte da África), óleo convencional de outras regiões, óleo produzido por recuperação avançada com injeção de CO<sub>2</sub> e sem injeção de CO<sub>2</sub>, óleo extrapesado e betume, óleo leve de folhelho, óleo leve de águas ultraprofundas, óleo de querogênio, indicando um potencial total de 6 trilhões de barris, com preços de produção variando de menos de 10 dólares até 100 dólares por barril. Na parte final do gráfico, são apresentados os preços de produção de combustíveis sintéticos (gás para líquido e carvão para líquido, com preço de produção variando de 40 a 100 dólares por barril) e biocombustíveis (etanol convencional, com preço de produção de 75 a 105 dólares por barril, etanol convencional, de 90 a 130, etanol celulósico, de 128 a 150 para biodiesel convencional e de 95 a 135 para biodiesel avançado).

**Gráfico 10 — Estimativa de volume e preços de produção dos recursos de petróleo convencional e não convencional e de preços de produção de combustíveis sintéticos e biocombustíveis alternativos — 2013**



Fonte: IEA (Agência Internacional de Energia), 2013.

Da comparação dos preços de produção do petróleo com os preços de produção de combustíveis líquidos alternativos, todos tecnicamente possíveis, surge o potencial de imposição de renda absoluta e renda de monopólio pelos países que controlam a propriedade e o acesso aos recursos de petróleo de menor preço de produção, pelo menos enquanto perdurar a dependência do sistema econômico mundial de combustíveis líquidos, principalmente para o sistema de transportes, circulação de mercadorias e mobilidade de pessoas. Pois o controle da Opep+ sobre a produção das quantidades necessárias para atender à demanda do mercado internacional outorga à Opep+ a possibilidade de impor preço, uma vez que,

O trilema que a humanidade enfrenta é: como reduzir as emissões de gás carbônico abdicando do petróleo, que enseja maior produtividade do trabalho social, e, ao mesmo tempo, produzir mais e distribuir melhor a produção, para atender às necessidades da população, fazendo uso de fontes de energia menos impactantes, que, porém, reduzem a produtividade do sistema econômico, diminuindo o acúmulo de excedentes

sem a sua produção, os importadores precisariam recorrer a combustíveis líquidos de outras fontes, todos de preço de produção mais elevado, como ilustrado no gráfico. Deve-se ressaltar que dados precisos sobre quantidades de recursos disponíveis e seus preços de produção não estão disponíveis, mas esse quadro elaborado pela Agência Internacional de Energia constitui uma referência representativa que permite confirmar a importância dos métodos da economia política para examinar as possibilidades e consequências da substituição das fontes primárias de energia, ou seja, das transições.

No campo dos combustíveis líquidos, além do petróleo não convencional, o único recurso amplamente disponível, em regime concorrencial, é o carvão mineral para produção de combustível sintético, o CTL (*coal to liquid*). Como ilustra o gráfico 10, seu preço de produção estaria entre 40 e 100 dólares por barril equivalente, mas as poucas experiências divulgadas indicam que poderia até superar os 100 dólares por barril equivalente.

Como analisado acima, os biocombustíveis têm limitação de escala, pelo uso da terra, e concorrência com os recursos para produção de alimentos. Esse é o ponto crucial no qual se ancora o poder do consórcio da Opep+ para manutenção da sua hegemonia, com capacidade de regular o preço de referência para as demais alternativas potencialmente concorrentes.

Para os combustíveis sintéticos, incluindo a liquefação de carvão e biocombustíveis, são apresentadas as estimativas de faixa de custos de produção. Esse fato valoriza o papel do controle sobre os recursos de baixo custo de produção e enseja condições de coordenação do ritmo de produção visando ao controle de preço.

A maior ameaça a essa situação de hegemonia do petróleo emerge com a possibilidade de progresso técnico na mobilidade elétrica, com a redução dos preços de produção dos sistemas de armazenagem da eletricidade por via da redução dos custos das baterias. E, nessa hipótese, abrem-se as perspectivas para a apropriação de mais-valia relativa, extraordinária,



Casal passeia com um Ford T nas ruas de Chicago. Em 1921, 57% dos veículos que circulavam no mundo eram desse modelo

ou renda absoluta, pelos que detêm a propriedade e controle do acesso aos minerais críticos, como lítio, cobalto, disprósio e neodímio, entre outros. A superação desse gargalo, aliada à expansão das redes de transmissão e distribuição de eletricidade, abriria espaço para fontes praticamente infinitas de energia elétrica, a solar fotovoltaica, a eólica *onshore* e *offshore* e, em menor escala, a hidráulica remanescente, a de resíduos de biomassa e mesmo a geotérmica.

Mesmo assim, quando se observa a estrutura social de produção, a persistência do modelo de desenvolvimento urbano industrial surgido da Revolução Industrial, há que aceitar que o papel do petróleo é ainda extraordinário. Há duas razões para a necessidade da transição energética para fontes renováveis. A solução simultânea dos dois problemas exige investimento em ciência e tecnologia para amenizar os impactos que essa substituição vai ter na estrutura de produção e de consumo. Não é que seja desnecessária uma mudança de modelo de desenvolvimento social, das sociedades atuais para outras que usem muito menos o automóvel como meio de transporte individual, por exemplo. Mas, para que haja essa mudança de padrão, não basta apenas vontade: é preciso desenvolver as forças produtivas, investir nas novas tecnologias, para que elas elevem a produtividade. E, ao mesmo tempo, trabalhar para que ocorra uma mudança de modelo social.

Na atual estrutura produtiva, com 8 bilhões de habitantes no planeta e cerca de 200 milhões de habitantes no Brasil, o sistema hegemônico permite que essas pessoas sobrevivam, ainda que grande parte delas, de maneira desigual. Há uma assimetria entre países e no interior das sociedades: concentração do acesso aos bens, serviços em favor de elites. A maioria vive em condições precárias no mundo inteiro e também no Brasil.

O trilema que a humanidade enfrenta é: como reduzir as emissões de gás carbônico abdicando do petróleo, que enseja maior produtividade do trabalho social, e, ao mesmo tempo, produzir mais e distribuir melhor a produção, para atender às necessidades da população, fazendo uso de fontes de energia menos impactantes, que, porém, reduzem a produ-

tividade do sistema econômico, diminuindo o acúmulo de excedentes (Carvalho; Mercedes; Sauer, 2010)? A solução desse trilema passa pela alteração do padrão de consumo e pelo aumento e melhoria na distribuição da produção. Isso implica a necessidade do aumento da produtividade do trabalho, e não sua redução, também pelos investimentos em tecnologia e ciência requeridos para avançar o processo de produção e viabilizar o uso de fontes menos impactantes.

A análise apresentada neste texto oferece elementos que elucidam a dificuldade, e, mesmo, põem em dúvida a viabilidade desse processo, enquanto permanecer incólume o sistema capitalista de produção, com sua lógica e leis intrínsecas. As perguntas finais, então, passam a ser: a) sobre as possibilidades de construir uma estrutura de governança e de poder capaz de promover a mudança na estrutura global de produção e distribuição abdicando das fontes fósseis e absorvendo as perdas de produtividade e geração de excedente; b) sobre o horizonte em que o avanço do progresso técnico e das forças produtivas possa ensejar uma estratégia energética capaz de propiciar o aumento da produtividade do trabalho social com geração de excedentes econômicos, de forma a tornar a substituição das fontes fósseis algo natural sob a lógica intrínseca ao modo de produção vigente.

A superficialidade teórica na interpretação do profundo problema enfrentado para a transição energética no contexto vigente e a mobilização de corações e mentes de amplas frações da população mundial em favor de propostas frágeis ou mesmo sem viabilidade econômica, política e social apenas contribuem para o aprofundamento da problemática.

\* Professor do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE-USP).

► Texto recebido em 28 de agosto de 2024; aprovado em 31 de agosto de 2024.



- ABA, Michael M.; SAUER, Ildo Luís; AMADO, Nilton Bispo. Comparative review of hydrogen and electricity as energy carriers for the energy transition. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 57, p. 660-678, 2024.
- ACADEMIA DE CIÊNCIAS DA URSS. Manual de economia política. **Arquivo Marxista na Internet**, 1959. Disponível em: <[www.marxists.org/portugues/ostrovitianov/1959/manual/index.htm#topp](http://www.marxists.org/portugues/ostrovitianov/1959/manual/index.htm#topp)>. Acesso em: 29 ago. 2024.
- ALVAREZ, Carlos G. **Economía y política petrolera**. Bogotá: Indepaz; USO-Ecopetrol, 2000.
- \_\_\_\_\_. **La coyuntura minero energética en Colombia y la distribución de la renta petrolera**. Ponencia presentada al seminario Redem, Universidad Arcis, Santiago de Chile, Octubre 18 y 19, 2011.
- \_\_\_\_\_. La economía de la energía y el precio. **Ensayos de Economía**, 1993.
- \_\_\_\_\_. **Renta y geopolítica de la energía**. Medellín: Autores Antioqueños, 1988. v. 49.
- BINA, Cyrus. Some controversies in the development of rent theory: the nature of oil rent. **Capital & Class**, v. 13, p. 82-112, 1989.
- \_\_\_\_\_. The laws of economic rent and property: application to the oil industry. **American Journal of Economics and Sociology**, v. 51, n. 2, p. 187-203, 1992.
- BP. **BP Statistical Review of World Energy June 2015**. London: British Petroleum, 2015.
- CARVALHO, Joaquim Francisco de; MERCEDES, Sonia Seger Pereira; SAUER, Ildo Luis. Precautionary principle, economic and energy systems and social equity. **Energy Policy**, v. 38, p. 5399-5402, 2010.
- EIA. **What is OPEC+ and how is it different from OPEC?**. Washington, DC: EIA, December 18, 2023.
- ENERGY INSTITUTE. **Statistical Review of World Energy 2024**. 73rd edition. London: Energy Institute, 2024.
- EPE. **Balço Energético Nacional 2023**. Brasília: Empresa de Pesquisas Energéticas, 2023. Disponível em: <[www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023](http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023)>. Acesso em: 17 set. 2024.
- \_\_\_\_\_. **Plano Nacional de Energia 2050**. Brasília: Empresa de Pesquisas Energéticas, 2020. Disponível em: <[www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050](http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050)>. Acesso em: 17 set. 2024.
- GONZALEZ, Carlos G. M.; SUAREZ, Carlos; SAUER, Ildo Luís. Considerações históricas para (re)pensar a transição energética global. In: COSTA, Hirdan K. de Medeiros (Coord.). **Transição energética, justiça geracional e mudanças climáticas**. 1. ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2020. v. 1, p. 35-74.
- GUEDES, Solange. **Pre-salt: what has been done so far and what is coming ahead**. 2015 Offshore Technology Conference, Houston, May 5th, 2015.
- HALL, Charles A. S. Provisional results from EROI assessments. **The Oil Drum**, April 8, 2008. Disponível em: <[www.theoil Drum.com/node/3810](http://www.theoil Drum.com/node/3810)>. Acesso em: 29 ago. 2024.
- HALL, Charles; BALOGH, Sepheb; MURPHY, David J. R. What is the minimum EROI that a sustainable society must have?. **Energies**, v. 2, p. 25-47, 2009.
- HALL, Charles A. S.; HANSEN, D. New Studies in EROI (Energy Return on Investment). **Sustainability**, special issue, 2011.
- HARVEY, David. **Limits to capital**. Oxford: Basil Blackwell, 1982.
- HOYOS, Carola. The new Seven Sisters: oil and gas giants dwarf western rivals. **Financial Times**, London, March 11, 2007.
- HUBBERT, Marion King. The world's evolving energy system. **American Journal of Physics**, v. 49, p. 1007-1029, November 1981.
- LIMA, Paulo César Ribeiro. **A situação econômica, financeira e operacional da Petrobras**. Brasília: Consultoria Legislativa da Câmara Federal, mar. 2015.
- MARX, Karl. **Capital: a critique of political economy**. The process of capitalist production as a whole. Ed. Friedrich Engels. New York: International Publishers, [s.d.]. v. 3.
- \_\_\_\_\_. **Contribuição à crítica da economia política**. Tradução Florestan Fernandes. 2. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2008.
- \_\_\_\_\_. **Grundrisse der Kritik der politischen Ökonomie**. Translated by Martin Nicolaus. [Online version]: Penguin, 1997.
- \_\_\_\_\_. **O capital: crítica da economia política**. Livro III: O processo global de produção capitalista. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1968a.
- \_\_\_\_\_. **Manuscritos econômico-filosóficos**. São Paulo: Martin Claret, 2005.
- \_\_\_\_\_. **Theories of surplus-value**: volume IV of Capital. Moscow: Progress Publishers, 1968b.

- MASSARRAT, Mohssen. **Crisis de la energía o crisis del capitalismo**. Barcelona: Fotamara, 1979.
- \_\_\_\_\_. **Oil prices and democracy**. Osnabrück: Faculty of Social Sciences, Universität Osnabrück, August 2006. Disponível em: <<https://mohssenmassarrat.weebly.com/uploads/3/3/8/9/3389565/oilpricesanddemocracyaug.2006.pdf>>. Acesso em: 3 dez. 2012.
- \_\_\_\_\_. Sostenibilidad a través de la internalización de los costos: contribuciones teóricas al análisis y las reformas de las estructuras globales. In: THIEL, Reinold E. (Ed.). **Teoría del desarrollo**: nuevos enfoques y problemas. Caracas: Nueva Sociedad, 2001. p. 181-192.
- \_\_\_\_\_. **Weltenergieproduktion und Neuordnung der Weltwirtschaft**: die Weltarbeitsteilung und die Neuverteilung des Reichtums in der Welt. Frankfurt; New York: Campus Verlag, 1980.
- MOMMER, B. **La cuestión petrolera**. Caracas: Asociación de Profesores UCV; Tropykos, 1988.
- \_\_\_\_\_. **Oil prices and fiscal regimes**. Oxford: Oxford Institute for Energy Studies, May 1999.
- \_\_\_\_\_. **Petróleo global y Estado nacional**. Caracas: Comala, 2003.
- NAVA, Pablo Carrizalez; SAUER, Ildo Luís. Intercambio desigual y renta petrolera: una aproximación teórica necesaria. **Cadernos Ceru**, v. 28, p. 196-218, 2017.
- OPEC. **World oil outlook**. Vienna: Opec, 2023. Disponível em: <[www.opec.org/opec\\_web/en/publications/340.htm](http://www.opec.org/opec_web/en/publications/340.htm)>. Acesso em: 29 ago. 2024.
- OPEC. Naimi defends OPEC's actions on production, sees prices stabilizing. **OPEC Bulletin**, 3-4 June 2015.
- PAULANI, Leda M. Acumulação e rentismo: resgatando a teoria da renda de Marx para pensar o capitalismo contemporâneo. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA POLÍTICA, 17., 2012, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: SEP, 2012.
- PISTONESI, Hector. La privatización de los sistemas eléctricos y la apropiación de la renta hidroeléctrica. **Revista Brasileira de Energia**, v. 3, n. 1, p. 65-88, 1993.
- RICO, Julieta A. P. **Biocombustíveis, alimentos e petróleo**: uma análise retrospectiva da experiência brasileira. Orientador: Ildo Luis Sauer. 2013. Tese (Doutorado em Ciências) — Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- RODRIGUES, Larissa A. **Cenários econômico-financeiros da produção em campos do pré-sal sob distintos regimes regulatórios**. Orientador: Ildo Luis Sauer. 2016. Tese (Doutorado em Ciências) — Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.
- \_\_\_\_\_; SAUER, Ildo Luís. Exploratory assessment of the economic gains of a pre-salt oil field in Brazil. **Energy Policy**, v. 87, p. 486-495, 2015.
- SANTIAGO, Andrey. Qual a diferença entre Valor e Preço para Karl Marx?. **TraduAgindo**, 4 de maio de 2019. Disponível em: <<https://traduagindo.com/2019/05/04/qual-a-diferenca-entre-valor-e-preco-para-karl-marx/>>. Acesso em: 29 ago. 2024.
- SAUER, Ildo Luís. O pré-sal e a geopolítica e hegemonia do petróleo face às mudanças climáticas e à transição energética. In: MELFI, Adolpho José *et al.* (Org.). **Recursos minerais no Brasil**. 1. ed. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2016. p. 316-330.
- SAUER, Ildo Luís. Prefácio. In: LIMA, Paulo César Ribeiro. **Pré-sal, o Novo Marco Legal e a capitalização da Petrobras**. Rio de Janeiro: Synergia, 2011. p. IX-XXVII.
- SAUER, Ildo Luís. Pré-sal brasileiro: uma nova independência?. **Interesse Nacional**, São Paulo, p. 40-52, 1 fev. 2010.
- \_\_\_\_\_. **Uma análise do sistema de reatores regeneradores à água leve como alternativa de geração nucleétrica no Brasil**. Orientadores: Luiz Pinguelli Rosa e Arnaldo Aloísio Teles Ribeiro. Tese (Mestrado em Ciências) — Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1981.
- \_\_\_\_\_ *et al.* Bolivia and Paraguay: a beacon for sustainable electric mobility?. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v. 51, p. 910-925, 2015.
- SAUER, Ildo Luís; RODRIGUES, Larissa Araújo. Pré-sal e Petrobras além dos discursos e mitos: disputas, riscos e desafios. **Estudos Avançados**, v. 30, p. 185-229, 2016.
- THE WHITE HOUSE. **Blueprint for a secure energy future**. Washington, March 30, 2011.