

## **Combustíveis fósseis: panorama de produção e consumo no Brasil**

### **Ademar José Bertolo**

Atualmente é acadêmico do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária na Universidade Federal da Fronteira sul (UFFS)  
E-mail: profbertolo@yahoo.com.br

### **Bruna Willig Kopplin**

Técnica em Manutenção e Suporte em Informática pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IFFar). Atualmente é acadêmica do curso de graduação de Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)  
E-mail: brunawkopplin@gmail.com

### **Jéssica Piovesan Bertolo**

Atualmente é acadêmica do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária na Universidade Federal da Fronteira sul (UFFS)  
E-mail: jessica\_bertolo@hotmail.com

### **Luana da Silva**

Atualmente é acadêmica do curso de Agronomia na Universidade Federal da Fronteira sul (UFFS)  
E-mail: luanitasilva33@gmail.com

### **Fabiano Cassol**

Doutor em fenômenos de transporte pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atualmente é professor na Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)  
E-mail: fabiano.cassol@uffs.edu.br

## RESUMO

Os combustíveis fósseis alimentam setores industriais, automotores e elétricos de grande parte do mundo. Também, observa-se a importância dos combustíveis de origem fóssil na matriz energética e na economia brasileira, devido ao país possuir um modal de transporte prevalentemente rodoviário. Com o objetivo de investigar o surgimento e evolução da exploração de combustíveis de origem fóssil no Brasil, considerando a exploração de petróleo, carvão mineral e gás natural, o presente estudo analisa a evolução e consolidação da matriz energética brasileira entre os anos de 1858 a 2019. Para a obtenção de dados históricos é realizada uma revisão estruturada de artigos, abordando aspectos que tangem os impactos ambientais, sociais e econômicos. Através dos resultados do estudo é possível observar que com investimento em tecnologia, propiciando descobertas de novas reservas de petróleo, como o que ocorreu em 2006 com a descoberta do pré-sal, o país passa a obter notoriedade mundial devido ao aumento significativo de suas reservas de petróleo (reservas conhecidas). O cenário atual é resultado de aproximadamente um século de investimentos no setor energético. Além disso, o Brasil possui uma matriz energética diversificada, passando nos últimos anos a investir em novas tecnologias para produção de energia de forma sustentável.

**Palavras-chave:** Matriz energética; Gás natural; Carvão mineral; Petróleo.

## Fossil fuels: panorama of production and consumption in Brazil

## ABSTRACT

The fossil fuels power industrial, automotive and electrical sectors across of the world. Also, the importance of fossil fuels in the Brazilian energy matrix and economy is observed, mainly due the country has a predominantly road transport modal. With the objective of investigating the emergence and evolution of the fossil fuels exploitation in Brazil, considering the exploration of oil, mineral coal and natural gas, the present study analyzes the evolution and consolidation of the Brazilian energy matrix from 1858 to 2019. In order to obtain historical data, a structured review of articles is carried out, addressing aspects related to environmental, social and economic impacts. With the study, it is possible to observe that with investment in technology, providing discoveries of new oil reserves, such as what happened in 2006, with the discovery of the pre-salt, the country starts to obtain worldwide notoriety due to the significant increase in its reserves of oil. The current scenario is the result of approximately a century of investments in the energy sector. In addition, Brazil has a very diversified energy matrix, in recent years investing in new technologies for the sustainable energy production.

**Keywords:** Energy matrix; natural gas; coal; oil.

## 1. INTRODUÇÃO

A partir do crescimento do consumo de energia é possível verificar que, em escala global, mais de 85% desta é proveniente de combustíveis fósseis e apenas 10% da energia primária é advinda de fontes renováveis (BP, 2018). Este aumento na demanda por energia, principalmente derivada do petróleo, é resultante do desenvolvimento econômico e tecnológico mundial (GONÇALVES; MARTINS, 2008). Estes fatores acarretam em problemáticas nas questões ambientais, tal como o aumento desenfreado de emissões de gases poluentes.

No Brasil o gás natural vem aumentando a participação como fonte de energia primária, ocorrendo um crescimento na produção em uma taxa anual de aproximadamente 6,8% ao ano (CARVALHO, 2008). Este crescimento na produção de gás natural ocorre devido ao desenvolvimento da produção de eletrodomésticos à gás, na utilização industrial e na geração de energia elétrica. Um dos entraves para um maior desenvolvimento e utilização do gás natural é a falta de investimento em infraestrutura para o transporte e armazenamento de gás (ESPOSITO, 2003).

O carvão mineral representa em torno de 1,5% da matriz energética brasileira, ou seja, produção de energia elétrica, através das termelétricas que na grande maioria estão localizadas na região sul do país, próximas a áreas de mineração (ANEEL, 2008). A utilização do carvão como fonte de energia tem aplicação restrita na vocação da geração de energia elétrica no país devido à baixa qualidade do mesmo, o que afeta no rendimento de produção, uma vez que a quantidade de energia produzida é inferior àquela obtida com carvões de alto poder calorífico (FALLAVENA et al., 2013). Além disso, a geração de energia através de termoelétricas produz alto grau de poluição ambiental. Outra fonte de energia oriunda de material fóssil é o petróleo, sendo esta a principal fonte de combustível utilizada mundialmente.

No Brasil estes combustíveis alimentam os setores industrial, elétrico, de transportes, na agricultura e de grande parte da economia. Neste setor ocorre uma ampla discussão quanto aos impactos da exploração de petróleo sobre o crescimento econômico, principalmente após o descobrimento de reservas de petróleos do Pré-Sal. O Brasil produz e consome em torno de 40% a mais de

petróleo que consumia no ano 2000, embora a capacidade brasileira de transformar o petróleo em derivados avançou somente 4,5%, cobrindo em torno de dois terços do que é produzido, o que representa algo em torno de três milhões de barris diários (MARTINS; VERISSIMO, 2013). Como a queima do petróleo acontece de forma incompleta, quando utilizados em máquinas térmicas e veículos automotores, o processo resulta na emissão de gases como os óxidos de enxofre e nitrogênio e dos gases estufa, como o dióxido de carbono e o metano, causadores da poluição atmosférica (BAIRD; CANN, 2011).

Com base na produção e consumo de combustíveis, o presente artigo busca analisar a evolução e consolidação da matriz energética brasileira, principalmente a produção de petróleo, carvão mineral e gás natural, entre os anos 1858 e 2019. A partir disso, a seção 2 apresenta a metodologia aplicada ao estudo. A seção 3 aborda o panorama brasileiro. A seção 4 relaciona as conclusões obtidas no presente estudo.

## 2. DESENVOLVIMENTO

A partir do século XIX as maiores multinacionais petrolíferas do mundo entraram em operação (DUTRA, 1995). Os Estados Unidos da América (EUA) se tornaram um grande exportador de petróleo em menos de uma década, e a previsão é de que até 2024 as exportações de petróleo dos EUA chegarão a ultrapassar as exportações da Rússia, aproximando-se das exportações da Arábia Saudita, resultando em uma diversificação nos mercados exportadores (IEA, 2019; ANEEL, 2008).

O petróleo cru necessita de processos de refino, pois ele não possui uma aplicação direta. Com o refino do petróleo, obtém-se seus derivados que são então comercializados. O petróleo no processo de refino é posto em ebulição para fracionar os seus componentes e obter os seus derivados, sendo transformado em óleo combustível, gás liquefeito, gasolina, fertilizantes, pesticidas, nafta, plásticos e até em produtos farmacêuticos.

O gás natural tem um papel estratégico cada vez maior, por possuir um menor impacto ambiental, se comparado aos outros combustíveis fósseis. O uso do gás natural, se feito com os equipamentos adequados, emite para a atmosfera

menos poluentes do que a queima de óleo diesel, por exemplo. A combustão de gases combustíveis, se processados adequadamente, são aproximadamente isentos de poluentes, tais como óxidos de enxofre, produtos tóxicos e partículas sólidas (SANTOS et al., 2007). Com isso, o consumidor pode utilizar o gás natural de forma direta.

Em 2015 o gás natural representou cerca de 24% do uso de energia primária no mundo todo, sendo mais usualmente utilizada para produção de eletricidade e calor em edifícios ou processos industriais (YILDIZ, 2018). A partir do cenário atual, a demanda por gás natural deverá aumentar nos próximos anos. Um terço do crescimento da demanda global é proveniente apenas da China, principalmente devido à política de melhoramento da qualidade do ar (IEA, 2018).

O carvão mineral é empregado em grande escala na geração de energia e produção de aço, principalmente na siderurgia. No ano 2000 os Estados Unidos foram responsáveis por 26,4% da produção mundial do carvão mineral (BORBA, 2001). Sendo considerado uma das maiores fontes antropogênicas de emissões de poluentes no mundo todo, a combustão do carvão mineral libera diversos poluentes na atmosfera, como por exemplo óxidos de enxofre e mercúrio, que acabam induzindo a chuva ácida. Já o processo de mineração ocasiona impactos ambientais como a destruição da vegetação e dos solos locais e os resíduos gerados nas minas podem afetar e poluir os rios, lagos e córregos. Assim, 32% das emissões de gases de efeito estufa são gerados pela combustão do carvão mineral (YILDIZ, 2018).

### **3. PANORAMA BRASILEIRO**

No Brasil, a indústria do petróleo iniciou de forma atrasada, em comparação aos outros países situados na América Latina. O surgimento da exploração de petróleo no país foi devido a insistência de pesquisadores nacionais, que acreditavam na capacidade geológica do Brasil (PEYERL, 2017).

No ano de 1858, época do regime imperial, o Marquês de Olinda consentiu a José Barros de Pimentel o direito de extrair betume nas margens do rio Marau, na Bahia, não obtendo muito sucesso devido à falta de conhecimento geológico do local naquela época. Inaugura-se no ano de 1892, em Bofete (SP), a prática de

perfuração de poços em busca de petróleo, sem grande sucesso (FRANCISCO, 2011).

Após a I Guerra Mundial a demanda por fontes de matéria-prima impulsionou a procura e o investimento de companhias estrangeiras de petróleo na América Latina, ocasionada pela abertura dos setores de energia e transporte. O volume de consumo de óleo para combustível aumentou exponencialmente entre 1913 e 1916, causando modificações no mercado de derivados de petróleo no Brasil. Estas modificações foram resultado da entrada de empresas estrangeiras no mercado de derivados do petróleo e a expansão da rede elétrica no Brasil fora do eixo Rio-São Paulo (de Rio de Janeiro a São Paulo) (DIAS; QUAGLINO, 1993).

As atividades exploratórias se intensificaram devido a busca pelo “ouro negro” (denominação metafórica dada ao petróleo) e a institucionalização das geociências onde, em 1930, o engenheiro agrônomo Manoel Inácio de Basto obteve o primeiro sucesso na perfuração de um poço de petróleo (AZEVEDO; TERRA, 2008). Todos esses fatores resultaram em diversos decretos, diversas companhias estrangeiras privadas se inseriram no país, sondagens e capacitações técnicas foram realizadas levando militares e diplomatas a criar em 1938 o Conselho Nacional do Petróleo (CNP), sendo usado para definir que as jazidas pertenciam à União (NEVES; MARTINS, 2008). Ainda em 1939 foi descoberto um poço de petróleo em Lobato, na Bahia. Com essa descoberta, o governo realizou cada vez mais explorações e com isso em 1941 um campo para exploração petrolífera foi criado em Candeias, Bahia. (FRANCISCO, 2011; PEYERL, 2017).

As companhias estrangeiras retornam a se interessar pela exploração de petróleo no Brasil com a II Guerra Mundial, porém os trabalhos de prospecção nos campos de petróleo da Bahia viam-se ameaçados pela falta de recursos e de equipamentos. No ano de 1941 a empresa Esso (petrolífera que surgiu após a divisão da Standard Oil em 1911) demonstrou diversas dificuldades relacionadas aos equipamentos utilizados na exploração do petróleo na Bahia, resultando uma proposta sobre os direitos de exploração, que foi vedada pela CNP (PIRES, 2010). Ainda segundo Pires, 2010, em 1943 foram perfurados 13 novos poços, sendo apenas 3 produtores de petróleo. Com um novo interesse de investidores estrangeiros para o Brasil, Vargas iniciou a campanha “O petróleo é nosso”. Conseqüentemente a política econômica do país provindo da exploração do petróleo

progrediu cada vez mais rápido, sendo criada por Vargas na década de 1950 a Petrobrás e seu Centro de aperfeiçoamento e Pesquisa de Petróleo (ALMEIDA, 2008).

Em 1957, foi fundado o IBP (Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás), quatro anos depois do decreto que criou a Petrobras, com o objetivo de disseminar o conhecimento técnico sobre a nascente indústria petrolífera nacional.

Em 1960, foi criada a Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP), a qual visava coordenar e unificar as políticas de petróleo de seus países membros, também garantido que os mercados de petróleo se mantivessem estáveis, objetivando um retorno de capital justo aos investidores da indústria petrolífera (BÖCKEM, 2004). Também em 1960 criou-se o Ministério de Minas e Energia - MME que tinha como missão institucional “formular e assegurar a execução de Políticas Públicas para a gestão sustentável dos recursos energéticos e minerais, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico do País”.

Em 1966, iniciou as atividades do CENPES (Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello) (PEYERL, 2017). Em 1968 a Petrobras iniciou a extração de petróleo em águas profundas, devido a pesquisas marítimas (NETO; COSTA, 2007). Neste mesmo ano foi descoberto petróleo no mar de Campo de Guaricema (SE). A primeira plataforma flutuante arquitetada no Brasil foi construída pela Companhia de Comércio e Navegação Estaleiro Mauá, no Rio de Janeiro, iniciando perfurações de poços de até 4 mil metros em Sergipe.

Em 1972, a Petrobras fundou a BRASPETRO (MILANI et al., 2000). Esta estatal brasileira tinha como objetivo descobrir e explorar fontes de petróleo no exterior do país. Nos anos de 1973 e 1974, com a chegada da crise do petróleo e a competitividade do mercado petrolífero em alta, os países consumidores de petróleo buscavam se relacionar com países que possuíam abundância em petróleo, em troca disponibilizavam tecnologias, recursos humanos e financeiros. Assim, a BRASPETRO consolidou diversos acordos de auxílio técnico, coordenando até mesmo transações de comércio entre países que produziam petróleo e o Brasil. Ademais, origina-se a INTERBRÁS, responsável pelo comércio exterior. Essa estatal abriu diversas portas para o Brasil, mas foi encerrada em 1990 durante o governo Collor (DIAS; QUAGLINO, 1993). Em 1974 encontra-se na Bacia de Campos a maior reserva de petróleo do país, naquela época.

No ano de 1984 foram produzidos 500 mil barris de petróleo por dia no campo de Albacora. Em 1994 a Petrobrás desenvolveu a primeira plataforma semissubmersível, no campo de Marlim. Com a chegada do governo de Fernando Henrique Cardoso (FHC), a Petrobras já era considerada uma multinacional de extrema importância no comércio e exploração de petróleo, conseguindo praticamente se tornar independente na produção de petróleo (CARDOSO, 2006). No ano de 1997, as normas e leis que regiam o setor petrolífero brasileiro foram modificadas, encerrando o domínio constitucional da Petrobras. Mesmo com novas normas e com a abertura para e entrada de empresas privadas estrangeiras ou mesmo brasileiras nesse setor, o poder econômico da Petrobras continuou extremamente forte (TROJBICZ; LOUREIRO, 2018).

No ano 2000 o Brasil atingiu um recorde mundial, onde no campo do Roncador produziu petróleo a uma profundidade de 1.877 metros (FRANCISCO, 2011). A Petrobras, em 2001, produziu por dia cerca de 1535 barris de petróleo (COSTA; PESSALI, 2007). No ano de 2002 o Brasil exportava gasolina e em troca importava óleo cru. Além disso, a Petrobras durante os dois mandatos de FHC melhorou seu desempenho financeiro e empresarial e começou a pagar royalties às regiões afetadas de alguma forma pela exploração petrolífera (CARDOSO, 2006).

Mesmo com a quebra do monopólio da Petrobras no país em 1995, ela continua ocupando um lugar de domínio comercial. De 2008 a 2019 a produção acumulada de petróleo e gás natural chegou a 2 bilhões de barris de óleo (equivalente), tendo uma participação ainda maior no desenvolvimento de produtos no setor petrolífero (CUNHA; MOURA, 2019). O envolvimento de empresas estrangeiras nesse setor continua sendo relativamente pequeno no Brasil, e, com isso, os governos atuais tentam cada vez mais sugerir estratégias, para que as mesmas ocupem um papel na indústria de energia, auxiliando na política econômica do país. Estas estratégias se manifestaram desde a elevação do programa de investimentos em exploração de petróleo, pois a política energética desejava auto suficiência desde a crise energética de 2001, bem como, o auxílio da Petrobras para o fortalecimento da cadeia produtiva do *offshore* (ANTOLÍN; CENDRERO, 2013).

Em 2006, foram descobertas por diversas técnicas da ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) e pela Petrobras, reservas de petróleo no campo denominado Pré-Sal. A descoberta acarretou em diferentes

opiniões sobre a produção e exportação que o Brasil poderá gerar a partir destas reservas, devido ao modelo de gestão de exploração no Brasil e às tecnologias necessárias. No ano de 2008, o Brasil estava na 16ª posição no ranking de reservas de petróleo (MARTINS; VERÍSSIMO, 2013).

Durante os anos de 2008 e 2009 com a chegada da crise econômica, diversos contratos foram atrasados, como os contratos indispensáveis para a construção do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj). No mês de dezembro de 2010 a Comperj refinou 550,5 mil barris de petróleo, porém sua capacidade era prevista em apenas 82 mil barris por dia (FOCAS; FERREIRA, 2011).

A partir da descoberta das reservas do Pré-Sal, percebeu-se que havia uma necessidade de mudança no modelo de exploração do petróleo, com a finalidade de promover estudos e alterações neste modelo. Como resultado, em 2012, estas reservas já constituíam 53,6% de todas as reservas de petróleo do Brasil, onde 94% delas se situam na região marítima (MARTINS; VERÍSSIMO, 2013). A produção de petróleo no Brasil desde o ano 2000 aumentou em 40%, porém sua capacidade na transformação dessa matéria prima em outros derivados evoluiu em apenas 4,5%, ocupando somente dois terços de aproximadamente 3 milhões de barris por dia (BECK, 2013).

No quesito importações e exportações, englobam às importações de derivados de um alto valor, conjuntamente com exportações de matéria-prima com um baixo valor. Pode-se citar como exemplo, a importação de matéria-prima para as indústrias petroquímicas, a nafta. Até o ano de 2007 o Brasil se sustentava de importações de petróleo e seus derivados, mas segundo dados da ANP, o país assegura sua autossuficiência em importações de petróleo. Em compensação, o Brasil continua a depender de derivados do petróleo (FOCAS; FERREIRA, 2011).

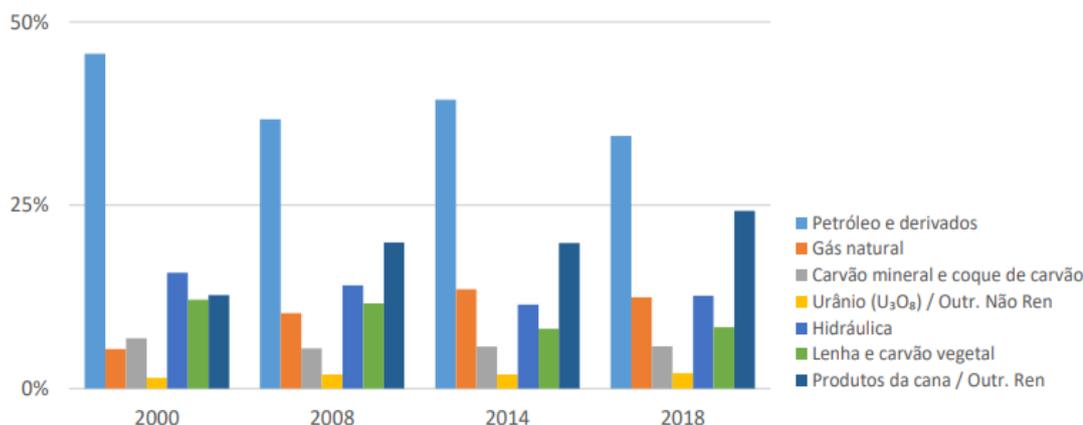
Atualmente o Brasil denota uma autossuficiência de petróleo, porém continua sendo dependente de importação de derivados do petróleo. De acordo com a ANP, atualmente o Brasil importa cerca de 15 milhões de barris de derivados por ano, correspondendo principalmente a diesel, gasolina e nafta (ANP, 2019). No quesito exportação, o Brasil exporta principalmente óleo combustível. Um grande déficit é causado no panorama comercial, principalmente devido a dependência de importação de nafta. O Plano Estratégico da Petrobras planeja o fim das

importações de derivados, a partir da finalização do Comperj, adaptação das refinarias de petróleo para otimização de performance, aperfeiçoamento da gasolina e do diesel. Aperfeiçoamento e adequação dos Parques de Refino, para um aumento na capacidade de processamento de óleos pesados do Brasil, e também melhorar a capacidade de conversão deste óleo na produção de derivados, com um maior valor adicionado. Adquirir e utilizar tecnologias mais avançadas e eficientes, investir no pré-sal, tendo como objetivo superar a demanda em 0,5 milhões de barris de petróleo por dia até o ano de 2030 (IEA, 2008).

Em 2016, o pré-sal produziu cerca de 1,27 milhões de barris por dia. No final de 2017 o pré-sal responsabilizou-se por mais de 50% de toda produção petrolífera do país (MARTINS et al., 2017). A partir disso, o pré-sal elevou cada vez mais a produção nacional de petróleo, chegando a cerca 54,4% no mês de abril de 2018 (ANP, 2018). Mesmo com o aumento produtivo do pré-sal a produção brasileira está estagnada em média de 2,6 milhões de barris por dia (EPE, 2018). Com o passar dos anos, o Brasil esteve tentando atrair investimentos para manter um ambiente favorável para tal objetivo, desenvolvimento do setor de petróleo e gás natural e uma agenda efetiva. O Gráfico 1 ilustra a evolução da participação das fontes energéticas no Brasil, ao longo dos anos de 2000 a 2018.

Uma nova Lei do Gás (LP no 6.407/2013) esteve em discussão nos grupos de trabalho definidos pelo Governo Federal nos últimos anos, devido ao projeto Gás para Crescer, que continua sendo analisada pelo Congresso Nacional. Em março de 2018, aconteceu a determinação da RenovaBio (Política Nacional de Biocombustíveis) através do Decreto nº 9.308/2018 e da Portaria MME (Ministério de Minas e Energia) nº 103/2018. Este Decreto define Metas Compulsórias Anuais de Redução de Emissões de Gases do Efeito Estufa. Estas metas apenas entraram em vigor no mês de dezembro de 2019. Através da Resolução CNPE nº 5/2018 que estas metas foram definidas em junho de 2018, propondo reduzir a intensidade de carbono da matriz de combustíveis do Brasil em uma estimativa de 10% até o ano de 2028 (CNPE, 2018).

Gráfico 1 – Matriz energética no Brasil, para os anos de 2000, 2008, 2014 e 2018.



Fonte: EPE, 2019.

Em junho de 2018, o relatório de atividades sobre a iniciativa de Combustível Brasil, compreendendo análises que têm como base a simplificação e a harmonização dos mecanismos tributários, além de revisar os atos normativos no quesito de regulação. O Ministério de Minas e Energia (MME) incorporou um Grupo de Trabalho (GT) em 2018, com o propósito de analisar, identificar e sugerir um comportamento para estimular investimentos nos setores de refinamento de petróleo e petroquímica no Brasil (EPE, 2018).

A Petrobras informou em 2018 que a produção de petróleo e gás (incluindo líquidos de gás natural) foi de 2,63 milhões de barris de óleo por dia, onde 2,53 milhões de barris de óleo equivalentes por dia (boed) foram produzidos no Brasil, e o restante veio do exterior (PETROBRAS, 2019). Ainda, de acordo com o relatório, a média anual de produção de óleo pela Petrobras e seus parceiros em 2018 foi cerca de 3,29 milhões de barris, onde 3,16 milhões foram no Brasil.

O mercado de gás natural é relativamente recente. Os primeiros mercados até os anos 90 estavam concentrados apenas em poucos estados, principalmente Rio de Janeiro, São Paulo e em 1940 na Bahia atendendo as indústrias Recôncavo Baiano com as descobertas de óleo e gás (FIOREZE et al., 2013). Fiorenze et al., 2013, ainda indica que em 1980 aumentou a produção do gás natural na matriz energética nacional em 3%, porém o gás natural foi muito utilizado apenas como um subproduto do petróleo, visto que não se tinha o objetivo de suprir o mercado de gás, considerando as poucas aplicações na época.

Somente em 1999 com a criação do gasoduto entre Bolívia e Brasil (GASBOL) houve um aumento expressivo na utilização do gás natural na matriz energética brasileira, sendo realmente introduzido pelo Plano Nacional para o Gás Natural (PNGN) devido às importações do gás natural boliviano. Porém, variações na disponibilidade do combustível proporcionaram o cenário das variações no preço do energético. Foi a partir de 2005 que a elevação nos preços de gás começou a ser significativa, sendo que por volta de 2008 esse aumento foi intensificado tanto para o gás natural de origem nacional quanto para o importado (ANP, 2016).

O gás natural boliviano tem sido importante para suprir a demanda em território nacional e tem possibilitado que o suprimento de gás natural no país seja mantido, complementando a produção nacional de forma rápida e com grandes volumes. No entanto, com a nacionalização do gás boliviano, ocorrida em 2006, houve um conflito diplomático entre Bolívia e Brasil, gerando instabilidade de preços e incertezas quanto à continuidade do abastecimento (MELO; BURCKHART, 2016). A partir de então o governo brasileiro passou a tomar medidas para tentar reduzir a dependência do gás boliviano, como por exemplo o investimento na cadeia produtiva de gás natural nacional e importação de gás natural de países como Trinidad e Tobago, Nigéria, Espanha, entre outros.

Em reservas, em 2008 o Brasil possuía cerca de 364 bilhões de m<sup>3</sup> de gás natural, cerca de 0,2% das reservas mundiais (FIORENZE et al., 2013). A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) responsável por calcular a média de consumo de matrizes energéticas estima que a oferta de gás natural deve crescer 43 milhões de m<sup>3</sup> para 59 milhões m<sup>3</sup> por dia até 2026. Quase 50% do gás produzido é injetado novamente no subsolo por falta de escoamento das plataformas, parte dele é utilizado na própria plataforma e outra parte queimada ou perdida. Portanto, o único problema para o aumento na disponibilidade do combustível é a infraestrutura para o país não ser autossuficiente apenas com o pré-sal (SEBRAE, 2018).

O setor industrial é o que mais consome Gás Natural no Brasil, seguido pelo de geração elétrica, setores automotivos, residencial e comercial. Considerando o período de 2007 e 2008 a taxa de crescimento da demanda por Gás Natural chegou a atingir 21,2% ao ano (ALMEIDA, 2015). Segundo a análise da Shell, o gás natural vai crescer cerca de 50% no mercado global em dois anos, sendo ele usado como combustível alternativo para veículos de transporte comercial na substituição do

diesel (Gás Natural Veicular). O Brasil tem nas suas reservas uma grande vantagem acima de outros países para realizar uma transição para uma matriz energética mais limpa (FIOREZE, 2013).

O mercado de gás brasileiro está em desenvolvimento. A ampliação da malha de gasoduto no território nacional, o investimento nas infraestruturas de armazenamento de gás e o uso de outras modalidades de transporte de gás natural ou da sua energia podem ser importantes nesse processo de desenvolvimento do mercado nacional de gás, que visa fornecer o gás como matéria prima e como fonte de energia, útil para o crescimento e competitividade da economia do país (SEBRAE, 2018).

As reservas brasileiras de carvão mineral são constituídas de carvão linhito e sub-betuminoso. Os estados brasileiros em que este carvão pode ser encontrado são Minas Gerais, Pernambuco, Bahia, Piauí, Maranhão, Amazonas, Pará, Acre, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo. Porém, apenas as reservas dos três estados do sul do país possuem jazidas superiores para o uso, e os depósitos de São Paulo não apresentam relevância econômica, também sendo descartado como reserva útil para o uso (BORBA, 2001).

As reservas brasileiras de carvão residem em 10º lugar no ranking mundial, pois totalizam 7 bilhões de toneladas, o que representa apenas 1% das reservas totais. Estima-se que essas reservas podem gerar 17 mil MW (megawatts), de acordo com a Associação Brasileira do Carvão Mineral (ABCM). O RS dispõe de 89,25% do volume de reservas de carvão mineral, SC dispõe de 10,41%, PR de 0,32% e SP de 0,02%. Apenas a Jazida de Candiota (RS) dispõe de 38% do total do carvão nacional (ANEEL, 2008). Em Candiota as reservas estão estimadas na ordem de 12 bilhões de toneladas, carvão este que é destinado exclusivamente para a geração de energia elétrica, devido ao seu poder calorífico e alto teor de impurezas (SOARES et al., 2006).

Outra reserva de carvão brasileiro é a jazida Sul Catarinense, que contém até 10 camadas, sendo as mais importantes economicamente, Barro Branco, Irapuá e Bonito. Esta reserva vem sendo intensamente nas últimas décadas, com reservas de cerca de 32 bilhões de toneladas (LOURENZI e KALKREUTH, 2014).

O PAC (Programa de Aceleração do Crescimento) recebeu R\$ 58 milhões do Governo Federal para a expansão das usinas termelétricas que utilizam o carvão

mineral como matéria prima para a geração de energia elétrica, previsto no Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica (PDEE 2006/2015 –MME/EPE, 2006). No entanto, o carvão mineral brasileiro representa apenas 1,5% da matriz de energia elétrica do país. No ano de 2007 foram produzidos no País 435,68 TWh, e 7,9 TWh deste total foram provenientes do carvão (ANEEL, 2008). Sendo que seu consumo mundial é de 0,5%, é representativamente irrelevante quanto ao consumo de carvão. Aproximadamente 1% do carvão consumido no país destina-se à petroquímica, 1,3% à indústria da celulose, 33% à geração termelétrica, 62% à siderurgia e 2,7% a diversos setores (BORBA, 2001). Consequentemente percebe-se que a participação do carvão na matriz energética é muito limitada.

O carvão mineral deve ainda desempenhar um papel importante no setor energético mundial, apesar de ser um combustível potencialmente poluente. Isto se deve à grande disponibilidade do recurso e aos atuais níveis de preços do petróleo e do gás natural, seus principais concorrentes. É importante ressaltar também, como citado, que o Brasil possui grandes reservas de carvão, de qualidade variada, das quais pode fazer uso. Porém, grandes investimentos em trabalhos prospectivos e em infraestrutura são necessários para a recuperação do mineral, além de pesquisa em tecnologias mais limpas que minimizem os impactos ambientais causados em todas as etapas do processo produtivo e no consumo de carvão (EPE, 2006).

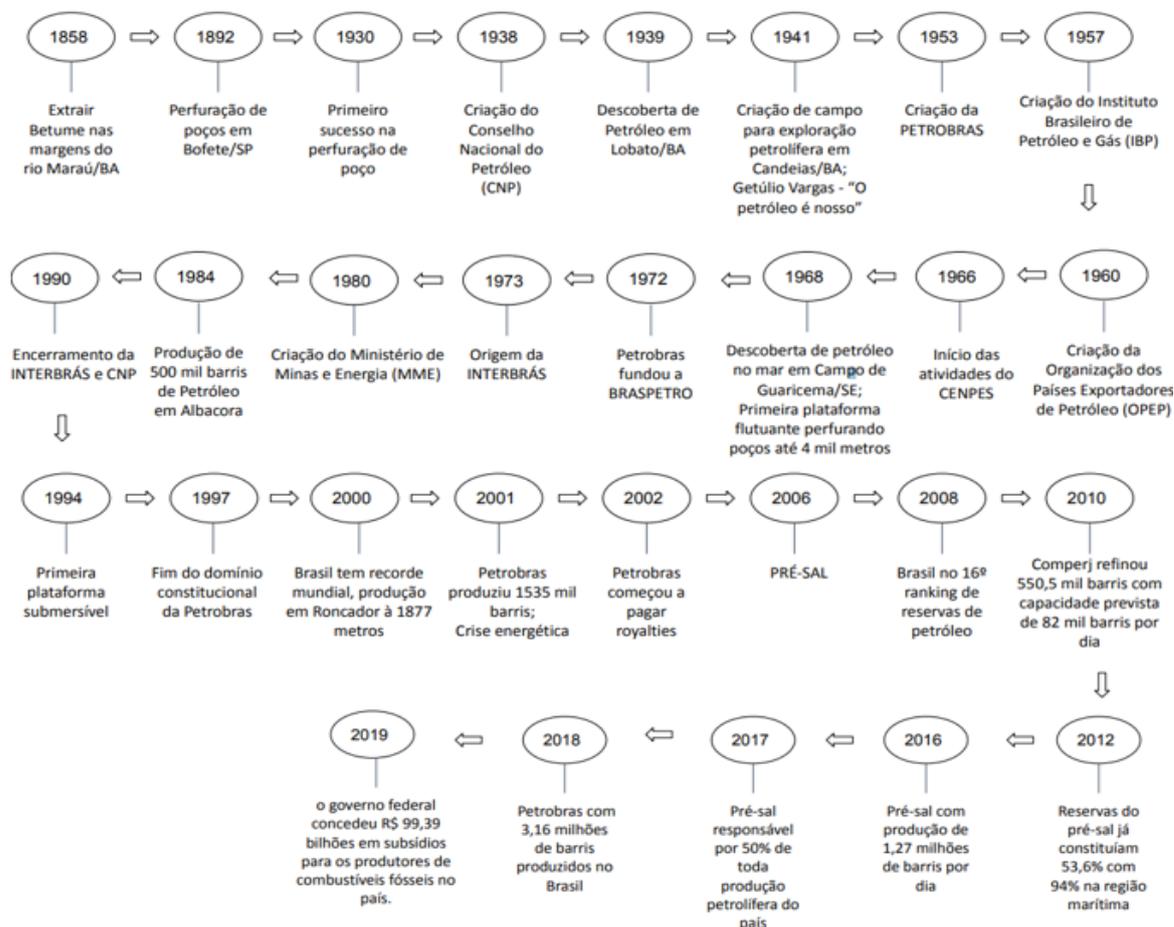
O desenvolvimento tecnológico e o sucesso da exploração energética são impactados pelo tempo e investimento na área. A Figura 1 apresenta esquematicamente o desenvolvimento da exploração de combustíveis fósseis no Brasil, indicando principalmente os eventos relacionados com a exploração de petróleo.

Com o marco inicial de explorações do petróleo em 1858, foram necessários cerca de 34 anos para o início da exploração direta de petróleo e 72 anos para a obtenção de resultados significativos na prática desta exploração. Apesar de médias temporais maiores no cômputo de eventos no final do século XIX e início do século XX, esta média decai expressivamente ao final do século XX e início do século XXI. A explicação para o rápido avanço na exploração de petróleo em tempos recentes (novas descobertas de reservatórios e aumento expressivo na exploração e refino) pode estar relacionada com os avanços tecnológicos obtidos não apenas no Brasil, mas em várias partes do mundo.

Ao longo do período explorado é possível observar a criação de 4 órgãos ou institutos nacionais para administrar a exploração do petróleo (CNP, IBP, CENPES e MME). Além disso, mesmo com a criação da Petrobrás, ainda foram criadas a INTERBRAS e a BRASPETRO para a expansão internacional, seja através da exportação de petróleo ou de sua exploração no exterior. Fato que demonstra a complexidade na exploração de recursos energéticos e a importância econômica do petróleo para o Brasil.

O início da exploração do Pré-Sal em 2006 impulsionou a economia brasileira, através do aumento significativo na produção de petróleo. A produção oriunda do Pré-Sal passou a representar aproximadamente 50% da produção nacional. O retorno econômico oriundo da exploração de petróleo permitiu que em 2019 o governo federal concedesse subsídios ao setor equivalentes a aproximadamente 5% do PIB (Produto Interno Bruto) no período.

Figura 1 - Representação esquemática do desenvolvimento da exploração de combustíveis fósseis no Brasil, com ênfase na exploração de petróleo.



Fonte: elaborado pelos autores.

O interesse governamental em desenvolver a exploração de recursos energéticos, de forma estruturada e planejada (oriundo da criação de agências reguladoras e órgãos de pesquisa) é uma forma de propiciar o desenvolvimento econômico no longo prazo. O desenvolvimento econômico surge a partir da produção e disponibilidade de recursos energéticos para o consumo interno ou mesmo a exportação destes recursos para países vizinhos.

Os dados obtidos através da pesquisa bibliográfica realizada ressaltam que todo o desenvolvimento na exploração de petróleo brasileiro partiu de uma iniciativa individual no ano de 1858. Todas as iniciativas e o conhecimento gerado transformaram o panorama nacional relacionado com a exploração de combustíveis fósseis. Além disso, o retorno financeiro obtido através da exploração dos combustíveis fósseis também auxiliam no desenvolvimento de tecnologias para minimizar os impactos ambientais destas fontes energéticas, ou mesmo para a exploração de fontes energéticas renováveis.

#### **4. CONCLUSÃO**

Dentre os combustíveis fósseis, que dão origem às principais fontes de energia utilizadas atualmente, podemos listar o petróleo como a principal fonte energética. Também, podemos perceber que o Brasil é economicamente dependente do petróleo e dos serviços prestados pela Petrobras.

Apesar da tardia entrada do Brasil na indústria da exploração do petróleo, observou-se um grande avanço neste setor, após a criação da Petrobras. Nas últimas décadas, o desenvolvimento tecnológico brasileiro para exploração de petróleo tem se mostrado exemplar, visto às grandes perfurações e produção em grande escala. Entretanto, ainda se observa a falta de aplicações e investimentos em determinados eixos do processamento de derivados do petróleo, visto que, grande parte deste, é exportado na forma bruta e posteriormente importado o petróleo pós-processado e refinado. Deste modo, a ineficiência do refino da matéria prima no país ainda é carente de investimentos e aperfeiçoamento das refinarias já existentes.

O mercado de gás natural no Brasil é relativamente recente, porém o gás natural foi muito utilizado apenas como um subproduto do petróleo, visto que não se tinha o objetivo de suprir o mercado de gás, considerando as poucas aplicações na época. Assim o mercado de gás brasileiro está em desenvolvimento, com a ampliação da malha de gasoduto no território nacional, o investimento nas infraestruturas de armazenamento de gás e o uso de outras modalidades de transporte de gás natural ou da sua energia, esses fatores visam fornecer o gás como matéria prima e como fonte de energia útil para o crescimento e competitividade da economia do país. Ressalta-se que o Brasil tem nas suas reservas uma grande vantagem acima de outros países para realizar uma transição para uma matriz energética mais limpa, afinal o gás natural causa um baixo impacto ambiental se comparado com o petróleo e o carvão mineral.

Em relação ao carvão mineral brasileiro, suas reservas são consideravelmente grandes e possuem uma qualidade variada, das quais pode fazer uso. Porém essas reservas situam-se em áreas restritas e limitadas, e o carvão extraído não possui boa qualidade, apresentando um poder calorífico baixo e uma quantidade de cinzas elevadas. Com isso, o Brasil ainda se encontra refém da importação do carvão mineral para conseguir suprir toda a demanda de carvão consumido no país.

Por fim, nota-se que a matriz energética brasileira é bem diversificada. Quando se trata de combustíveis fósseis, estes são bem consolidados no país. Apesar das problemáticas ambientais relacionadas ao consumo destas fontes de energia, estes ainda ocupam uma grande parcela das fontes de energia do país. Entretanto, com novas tecnologias e técnicas de obtenção de energias mais sustentáveis, o percentual de consumo de energias não renováveis decresce a cada ano.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília: Aneel, 236p., 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, (ANP). **Boletim da Produção de Petróleo e Gás Natural**. Abril de 2018. <http://www.anp.gov.br/publicacoes/boletins-anp>. 15 mai. 2019.

ALMEIDA, P.R. Monteiro Lobato e a Emergência da Política do Petróleo no Brasil. *Potência Brasil: Gás natural, energia limpa para um futuro sustentável*. 144p, p.12-33, 2008.

ALMEIDA, C. **Gás Natural no Panorama Brasileiro e um Estudo de Caso no Setor Automotivo**. Curso de engenharia elétrica. UNESP, São Paulo, 2015.

ANTOLÍN, M. J. P.; CENDRERO, J. M. R. How important are national companies for oil and gas sector performance? Lessons from the Bolivia and Brazil case studies. **Energy Policy**, Madrid, v. 61, p. 707-716, out. 2013.

AZEVEDO, R. L. M., TERRA, G. J. S. A Busca do Petróleo, o Papel da Petrobras e o Ensino da Geologia no Brasil. **Boletim de Geociências – Petrobras**, v.16, n.2, p. 373-420, 2008.

BECK, M. **Consumo e produção de petróleo no Brasil subiram dez vezes mais que o refino, em dez anos**. 2013. <https://oglobo.globo.com/economia/consumo-producao-de-petroleo-no-brasil-subiram-dez-vezes-mais-que-refino-em-dez-anos-9498308>. 15 mai. 2019.

BÖCKEM, S. Cartel formation and oligopoly structure: a new assessment of the crude oil market. *Applied Economics*, London, v. 36, n. 12, p. 1355-1369, 2004.

BORBA, R. F. Carvão mineral. In: Agência Nacional de Mineração. **Balanço Mineral Brasileiro**. Brasília, v. 23, p. 102-120, 2001.

PETRÓLEO BRITÂNICO. **Análise estatística da BP da British Petroleum mundial de energia**, 2018.

BAIRD, C.; CANN, M. **Química ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 844p.

CARDOSO, F. H. A Arte da Política: A História que Vivi. **Civilização Brasileira**: Rio de Janeiro, p. 699, 2006.

CARVALHO, J. F. Combustíveis Fósseis e Insustentabilidade. **Ciência e Cultura**, vol. 60, n.3, 2008.

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA (CNPE). **Resoluções CNPE 2018**. <http://www.mme.gov.br/web/quest/cnpe-2018>. 15 mai. 2019.

COTTA, P. **O petróleo é nosso?** Guavira Editores, p. 343. 1975.

COSTA, A. D.; PESSALI, H. F. **A Experiência de Internacionalização da Petrobras**. VII Congresso Brasileiro de História Econômica, 2007.

CUNHA, O. E. F.; MOURA, A. S. Impacto do Investimento do Setor Petrolífero e de Gás Natural Brasileiro no Período de 2007 a 2015. **Revista Margem**, n.94, 2019.

DIAS, J. L. M.; QUAGLINO, M. A. **A questão do petróleo no Brasil: uma história da PETROBRAS**. Rio de Janeiro: CPDOC: PETROBRAS, 1993.

DUTRA, L. E. D. O Petróleo no início do século XX: Alguns elementos históricos. **Revista Brasileira de Energia**, vol. 4, n.1, 1995.

ESPOSITO, A. S. **Oportunidades e Entraves ao uso do Gás Natural na Geração de Eletricidade**. 2<sup>nd</sup> Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 2003.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Boletim de Conjuntura da Indústria do Petróleo**. Superintendência de Petróleo / Diretoria de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis. Rio de Janeiro. nº4. 1º semestre/2018.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Boletim de Conjuntura da Indústria do Petróleo**. Superintendência de Petróleo / Diretoria de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis. Rio de Janeiro. nº6. 1º semestre/2019.

FALLAVENA, V. L. V.; ABREU, C. S.; INÁCIO, T. D.; PIRES, M.; AZEVEDO, C. M. N., FERNANDES, I. D., FERRET, L. S., TARAZONA, M. R. M. Caracterização Detalhada de Material de Referência Certificado de Carvão Brasileiro. **Química Nova**, v. 36, n.6, 2013.

FIOREZE, M.; HEDLUND, K. F. S.; GRAEPIN, C.; SILVA, T. C. N.; AZEVEDO, F. C. G.; KEMERICH, P. D. C. Gás Natural: Potencialidades de Utilização no Brasil. **Rev. Elet. Em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.10, n.10, p.2251-2265, 2013.

FOCAS, I. D.; FERREIRA, T. F. **A busca pela autossuficiência em derivados de petróleo**. In: 6º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS, 8., 2011. Anais eletrônicos... Florianópolis: UFSC, 2011.  
[http://www.portalabpg.org.br/site\\_portugues/anais/anais6/publicacoes/repositorio/trabalhos/44280830042011273.pdf](http://www.portalabpg.org.br/site_portugues/anais/anais6/publicacoes/repositorio/trabalhos/44280830042011273.pdf) 10 mai. 2019.

FRANCISCO, M. L. **Uma comparação entre os regimes de taxaço sobre o petróleo: concessão e partilha**. 2011. 136 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2011.

GONÇALVES, J. M. F.; MARTINS, G. Consumo de Energia e Emissão de Gases do Efeito Estufa no Transporte de Cargas no Brasil. **Brasil Engenharia**, p. 70-77, 2008.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), 2008. Disponível em <[www.iea.org](http://www.iea.org)>. Acesso em: 15 mai. 2019.

LOURENZI, P. S.; KALKREUTH, W. O potencial de geração CBM (Coalbed Methane) na jazida Sul Catarinense: 1. Características petrográficas e químicas das camadas de carvão da Formação Rio Bonito, Permiano da Bacia do Paraná. **Brazilian Journal of Geology**, São Paulo, v. 44, n.3, p. 471-491, 2014.

MARTINS, R. M.; VERÍSSIMO, M. P. Exportações brasileiras de petróleo e a especialização da economia em bens intensivos em recursos naturais no período 2000-2012. **Perspectiva Econômica**, Uberlândia, v. 9, p. 115-130, jul./dez. 2013.

MARTINS, R. V.; DA SILVA, E. C.; JUNGER, A. P.; GUERRA, S. M. G., SOUZA, J. F. Cenário Energético do Petróleo e Gás Natural no Brasil e no Mundo. **Revista de Casos e Consultoria**, n.2, e.823, 2017.

MELO, M. P.; BURCKHART, T. R. Constitucionalismo e Meio Ambiente: Os novos paradigmas do direito constitucional ambiental no Equador, Bolívia e Islândia. **Constituição, Economia e Desenvolvimento: Revista da Academia Brasileira de Direito Constitucional**, vol. 8, n.14, p. 175-193, 2016.

MILANI, E. J.; BRANDÃO, J. A. S. L.; ZALÁN, P. V.; GAMBOA, L. A. P. Petróleo na Margem Continental Brasileira: Geologia, Exploração, Resultados e Perspectivas. **Brazilian Journal of Geophysics**, v.18, n.3, p. 351-396, 2000.

NEVES, I. B. C.; MARTINS, J. M. A descoberta do petróleo na Bahia. IX Semana de Mobilização Científica – Semoc, Salvador, Bahia, 2008.

PETROBRAS. **Produção de petróleo e gás natural em 2018**. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/fatos-e-dados/producao-de-petroleo-e-gas-natural-em-2018.htm>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

PEYERL, D. Surge o petróleo (1864–1941). In: PEYERL, Drielli. **O petróleo no Brasil: exploração, capacitação técnica e ensino de geociências (1864-1968)**. São Paulo: UFABC, 2017. cap. 1, p. 23-84.

PIRES, M. C. Substituição de importações e as origens da indústria petrolífera no Brasil. **Revista Caminhos da História**, v.15, n.2, p. 61-79, 2010.

SANTOS, E. M; FAGA, M. T. W. BARUFI, C. B., POULALLION, P. L.. **Gás natural: a construção de uma nova civilização**. Estudos avançados, v.21, n.59, p.67-90, 2007.

SOARES, E. R.; MELLO, J. W. V.; SCHAEFER E. G. R.; COSTA, L. M. Cinza e carbonato de cálcio na mitigação de drenagem ácida em estéril de mineração de carvão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 171-181, 2006.

SEBRAE INTELIGÊNCIA SETORIAL, agosto de 2018. **Gás Natural amplia seu papel na matriz energética brasileira**. <https://sebraeinteligenciasetorial.com.br/produtos/noticias-de-impacto/gas-natural-amplia-seu-papel-na-matriz-energetica-brasileira/5b7c16d37cd76418003ba817>. 27 mai. 2019.

TROJBICZ, B.; LOUREIRO, M. R. **Brazilian oil sector reforms: The role of technical know-how and corporate *ethos* in Petrobras's dominance**. **Energy Policy**, vol. 118. p. 588-595, 2018.

YILDIZ, I. Fossil Fuels. In: DINCER, Ibrahim. **Comprehensive Energy Systems**. Oshawa: Elsevier, p. 522-527, 2018.