

CIÊNCIA, TECNOLOGIA E DEMANDAS AMBIENTAIS: INOVAÇÕES NOS PROCESSOS DE REFINO

Adalberto Mantovani Martiniano de Azevedo¹

¹ Aluno de Mestrado no Programa de Pós-Graduação do Departamento de Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências da Unicamp.

Resumo. Este trabalho consiste em um levantamento das mudanças nas tecnologias de refino de petróleo causadas pelo aumento das restrições ambientais externas, que criam demandas por inovações voltadas à redução dos impactos ambientais de processos e produtos do refino. As restrições ambientais consideradas neste trabalho incluem a regulação estatal, como o controle da emissão de efluentes sólidos e gasosos e o controle do teor de poluentes nos derivados de petróleo produzidos. Outras restrições incluem aquelas determinadas pelo mercado, principalmente restrições colocadas para a obtenção de selos de qualidade “verdes”, como o ISO 14000. O trabalho mostrará as principais restrições ambientais colocadas para a Refinaria de Paulínia (Replan), e as respostas da Refinaria em termos da introdução de tecnologias inovadoras nos processos de refino. Serão descritas algumas características das inovações observadas, como o tipo de inovação (processo ou produto), as instituições criadoras destas inovações e suas fontes de recursos, os campos de conhecimento envolvidos, entre outras características que permitam avaliar a influência da variável ambiental no desenvolvimento de inovações no refino de petróleo.

Palavras-Chave: Refinarias; Inovação Tecnológica; Restrições Ambientais.

Abstract – This paper consists in a survey about changes in oil refining technologies caused by an increase of external environmental restrictions, that create demands for innovations related to the reduction of environmental impacts in refining processes and products. The environmental restrictions considered in this paper include state regulation, like the control over solid and gas wastes and the control over levels of air pollutants on refined products. Another group of restrictions include market restrictions, mainly the restrictions for obtaining “green” quality labels, like ISO 14000. The paper will show the main environmental restrictions for the Paulínia Refinery (Replan), and its reaction in introducing innovations in refining processes. Some aspects of the innovations observed will be described, like the kind of innovation (process or product), the institutions that created innovations and their resources, the knowledge fields applied, and another characteristics for the evaluation of environmental influence over the development on oil refining innovations.

Keywords: Refineries; Technological Innovation; Environmental Restrictions.

1. Introdução

A idéia, cada vez mais difundida no meio científico, de que a produção e o consumo crescente da humanidade podem levar ao esgotamento dos recursos que dão suporte à vida no planeta gerou diversas consequências, entre as quais a difusão de formas de produção mais “limpas”, isto é, mais adequadas a um padrão de produção que a ciência reconhece como sendo menos agressivo ao ambiente. Um componente decisivo deste tipo de mudança na produção, que em muitos casos exige o desenvolvimento de novas tecnologias, é a difusão da ideologia ambientalista, que apoiada por evidências científicas provoca mudanças institucionais e culturais. Entre estas mudanças podemos incluir os princípios ambientalistas explicitamente descritos no direito ambiental e transformações tácitas que são percebidas no comportamento de certos grupos sociais, que modificam suas maneiras de produzir e consumir. Em ambos os casos, a ciência tem um papel fundamental, através de argumentos científicos que legitimam a legislação restritiva e podem também modificar o comportamento de grupos sociais e indivíduos.

Os princípios ambientalistas, como qualquer crença científica, são apenas aparentemente isentos de conteúdo ideológico: para Lenoble (1990), aspectos científicos e morais de uma idéia são inseparáveis, e uma determinada concepção de mundo só em uma pequena medida depende de idéias propriamente científicas, refletindo mais as necessidades morais e sociais de uma determinada época, inclusive os desejos inconscientes. A natureza realmente existente é uma natureza pensada que se articula com uma atitude de consciência. A reforma desta consciência conduz à modificação da idéia de natureza. Para Herrera (1974), as idéias de Malthus, Ricardo e Stuart-Mill de que a escassez de recursos naturais levaria a um rendimento social decrescente do esforço econômico e ao retardamento e eventual parada do crescimento econômico têm voltado à agenda das discussões sobre desenvolvimento. Estas idéias são reforçadas pelas evidências de crescimento exponencial da população e do consumo e pela crescente contaminação ambiental.

A difusão da doutrina ambientalista tem levado a transformações nos sistemas de ciência e tecnologia, que vêm se transformando para atender a demandas por inovações ambientais. A demanda por este tipo de inovação aumenta com a exigência da minimização de impactos ambientais em todas as atividades produtivas, que caracteriza um novo estilo de desenvolvimento em que a preocupação ambiental é mais internalizada. Os estilos de desenvolvimento e padrões de consumo gerais e de longo prazo têm implicações diretas nos estilos de desenvolvimento científico e tecnológico (Sagasti, 1986).

Para Rattner (1980), entre os requisitos básicos para o êxito de empreendimentos inovadores está a planificação a médio e longo prazo para grandes projetos nacionais. A percepção do impacto das novas tecnologias sobre a população e o meio ambiente obriga os governos a controlar as consequências do progresso científico. Os objetivos das empresas (maximização de lucros, minimização de custos e aumento de participação no mercado) não necessariamente atendem às aspirações da maioria da população. Para Mowery e Rosenberg (1982), a compreensão das influências que motivam a inovação e canalizam sua direção é necessária para que a intervenção do governo seja bem sucedida na resolução de problemas como o baixo crescimento da produtividade e da renda e problemas ambientais e urbanos. Para os autores, não são apenas as forças de mercado que orientam o processo de inovação, mas diversas outras influências. Torna-se imperativo um papel ativo do governo para afetar a direção da inovação, e assim levar a indústria a inovar em produtos de maior utilidade social. Os autores criticam a noção de que a inovação é criada devido a demandas do mercado, uma idéia que pode levar a políticas científicas e tecnológicas inadequadas.

A adoção de um novo estilo de desenvolvimento coloca o setor de refino de petróleo em um novo ambiente institucional, que leva ao desenvolvimento efetivo de “tecnologias ambientais” em inovações técnicas que previnem ou remediam os impactos da atividade produtiva, além de melhorar a qualidade dos derivados. No setor de refino de petróleo podem ser identificados processos de refino melhorados, dispositivos de controle ambiental e novos processos de operação e manutenção, que geram resultados como menores emissões de metais pesados (cromo e zinco) e aromáticos polinucleares (UNEP, 1987).

Um exemplo de regulação ambiental que afeta a atividade produtiva é a Lei de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que estabelecerá a cobrança pelo uso da água e prevê uma cobrança diferenciada para empresas que não tratem a água devolvida aos rios. Na Bacia do rio Paraíba do Sul, a taxa já definida é R\$ 0,008/m³ para empresa que devolver o efluente tratado ao rio, e de R\$ 0,02/m³ para as empresas que não fizerem nenhum tratamento (Petro e Química, 2002).

Tecnologias do tipo “end of pipe” são bastante importantes na cadeia produtiva do refino, e consistem em técnicas como tratamento de efluentes e processos de descontaminação de solos, que muitas vezes ganham impulso após acidentes ambientais. O foco na resolução de problemas tem recentemente mudado para ações preventivas e de monitoramento: para Hilson (2000), empresas responsáveis por grandes prejuízos ambientais, que até pouco tempo focavam o desenvolvimento de tecnologias de remediação de problemas, têm percebido que este tipo de procedimento acaba sendo mais custoso para se operar e manter, além de parecer mero cumprimento de obrigações legais, prejudicando a imagem da empresa. Estas empresas vêm incluindo em suas prioridades o desenvolvimento de tecnologias de produção mais limpas, que incluem o uso de equipamentos mais eficientes e medidas gerenciais como métodos de uso ótimo de materiais e energia, auditorias ambientais e redesenho de plantas industriais.

Além da regulação relativa aos impactos localizados das refinarias, problemas mais globais também têm influenciado nas técnicas de produção. Para Rosenberg (1994) a preocupação com o consumo energético de recursos não renováveis origina-se na perspectiva de seu esgotamento, que exige o melhoramento da eficiência energética e a minimização dos impactos causados pela queima de combustíveis fósseis. Para o autor, ao longo do tempo o aumento do consumo de energia tem sido atendido por inovações tecnológicas que aumentam a oferta de recursos e modificam as formas de seu

consumo. Por exemplo, quando surgiu na Pensilvânia em 1859, a indústria do petróleo extraía grandes quantidades de óleo bruto para atender principalmente à demanda por querosene iluminante. O aproveitamento energético mais eficiente do petróleo viria em períodos posteriores, viabilizado por mudanças tecnológicas como motores de combustão interna e a diesel.

A necessidade de melhoria na eficiência energética é obtida com tecnologias que aumentam as proporções de combustíveis mais leves e de maior eficiência energética, obtidos em processos de refino melhorados. Um exemplo é o desenvolvimento de unidades de coqueamento retardado e desasfaltação, que diminuem a produção de óleo combustível e aumentam a produção de derivados leves (Buonfiglio,1992).

Atualmente no Brasil a regulamentação relativa aos processos e produtos do refino de petróleo é feita pela Agência Nacional do Petróleo. O controle é exercido pela Superintendência de Refino e Processamento de gás e pela Superintendência de qualidade dos produtos (Menezello, 2000).

A fixação de especificações que limitam os teores de poluentes nos combustíveis que serão comercializados no país e no exterior tem levado a transformações nos processos de refino. Por exemplo, o desenvolvimento de unidades de hidrodesulfurização (que diminuem os teores de enxofre do combustível), unidades de produção de MTBE (que substitui o chumbo tetraetila como promotor de octanagem da gasolina e gera menos poluição durante a queima) (Buonfiglio,1992). Recentemente, a Petrobras converteu suas unidades de produção de MTBE para a produção de isoctano, que adicionado à gasolina gera um combustível de melhor qualidade; com esta medida, a Petrobras já se antecipou a exigências ambientais de seus mercados externos, principalmente dos Estados Unidos (Brasil Energia, 2002).

Além das especificações que devem estar dos combustíveis exportados, a certificação de práticas de gestão ambiental é atualmente fundamental para o acesso a determinados mercados e linhas de financiamento, especialmente no setor de petróleo, o que leva as empresas do ramo a modificarem processos para atenderem requisitos ambientais exigidos para a obtenção de certificados de gestão ambiental como o ISO 14000. De acordo com Reuter (1998), a série de normas ISO 14000 integra princípios de desenvolvimento econômico sustentado em um sistema de mercado livre, incentivando a auto organização e auto regulação de mecanismos de conservação ambiental, constituindo-se em uma série de padrões e documentos de referência com os objetivos de reduzir a carga ambiental global de um processo, estimular o uso de novos materiais, desenhar produtos com o objetivo de facilitar sua reciclagem, melhorar o design de processos para melhorar sua performance ambiental e melhorar a logística de cada etapa do ciclo de vida do produto.

A capacitação tecnológica, segundo Furtado (1995) vem de recursos materiais e imateriais que a empresa cria ou adquire externamente, como equipamentos, formação de RH, desenvolvimento de atividades de pesquisa, desenvolvimento e engenharia associadas ao processo produtivo, aquisição de novas plantas e aquisições de fontes externas de conhecimentos tecnológicos e organizacionais. No caso da Replan, o novo ambiente institucional, que incorpora a variável ambiental, leva à necessidade da aquisição de capacitação tecnológica para atender a novas demandas. O custo extra trazido pela regulação ambiental pode levar uma empresa a realizar esforços adicionais de racionalização, estimulando a criação de inovações que são diferentes das inovações com propósitos comerciais, pois têm como principal objetivo a adaptação às normas ao menor custo possível (OECD,1985).

Outro fator que influencia o sistema de Ciência e Tecnologia para o refino no Brasil são as características do petróleo extraído em águas profundas, cuja produção é crescente, e que exige tecnologias de refino específicas. Segundo Buonfiglio (1992), o petróleo nacional possui alto teor de gasóleo e gera grande quantidade de gasolina, mas pouco óleo diesel. A porcentagem de óleo diesel obtida a partir do petróleo extraído na Bacia de Campos é de 38%, dentro das especificações nacionais; caso se adotassem as especificações americanas, esta capacidade cairia para 30%. A maior quantidade de diesel produzido segundo as especificações brasileiras se deve à permissão da adição de frações leves ao diesel (o que aumenta a perda de hidrocarbonetos para a atmosfera) e também de frações pesadas (o que aumenta as emissões de vários poluentes). Uma legislação mais severa implicará na necessidade de inovações que permitam a obtenção para a produção deste derivado.

O sistema de Ciência e Tecnologia que atende às demandas do setor de refino de petróleo, além de ter sido modificado pelas transformações decorrentes do ambientalismo (que afeta todos os setores produtivos), recentemente sofreu transformações de ordem institucional no Brasil, com a quebra do monopólio da Petrobras, sendo este mais um fator que modificou o ambiente institucional em que o sistema de Ciência e Tecnologia da empresa está inserido. Vale lembrar que na nova estrutura organizacional da Petrobras as refinarias do sistema adquiriram o status de Unidades de Negócios. Outra medida que estimulou o setor foi a criação do Repetro, um regime fiscal criado em 1999 para garantir isenção de ICMS para equipamentos utilizados na indústria de petróleo.

2. A Refinaria Planalto (Replan).

A Replan, criada em 1972, é a maior e mais moderna refinaria do país. Sua criação está diretamente ligada ao processo de desconcentração industrial ocorrido no estado de São Paulo durante a década de 70, e fazia parte do Plano Rodoviário de Interiorização do Desenvolvimento realizado pelo Governador Laudo Natel. (Negri, 1988).

Os principais derivados produzidos na Replan em 2001 foram óleo combustível (16,6% do total nacional) gasolina A (19,1%) e óleo diesel (42,6%). Do petróleo processado, 74,4% foi de origem nacional e 25,6% importado. A Replan possui os seguintes certificados de gestão ambiental, concedidos em junho de 2001: ISSO 14001 e BS 8800, concedidos pelo BVQI.

Recentemente a Refinaria tem recebido investimentos para melhorar sua performance ambiental. No segundo semestre de 1998 entraram em operação duas novas unidades na Refinaria: uma de hidrodessulfurização, com capacidade de processar 5 mil m³ de carga por dia, e outra de coqueamento retardado, também com capacidade de 5 mil m³ por dia. O investimento de US\$ 438 milhões nestas unidades visou melhorar a qualidade do diesel e aumentar a oferta de óleo diesel, GLP, nafta e coque (Tavares,2000). Dentro do programa Planejamento Estratégico de Recurso Hídricos, a Petrobras contratou em 2002 uma empresa de consultoria externa para avaliar a capacidade de reutilização de efluentes da Replan (Gazeta Mercantil, 29/04/2002). Existe também na Replan um projeto para implantar uma estação de tratamento para conversão de efluentes em água de reuso (Petro & Química,2002).

3. Programas tecnológicos da Petrobras na área de refino e meio ambiente

No planejamento estratégico da Petrobras está previsto, até 2009, um investimento de US\$ 6,2 bilhões nas refinarias. Os objetivos são produzir derivados de maior valor e mais adequados às exigências ambientais, adequar-se ao óleo produzido no país e incrementar a automação. Está prevista a construção de novas unidades de coque e tratamento, para converter o óleo combustível em produtos mais rentáveis. A implantação das novas unidades aumentará em 50% a complexidade das refinarias do Sistema Petrobras, elevando de seis para nove pontos Nelson a pontuação do sistema. Também estão previstos investimentos de US\$ 430 milhões em manutenção e infra-estrutura, US\$ 306 milhões em preservação ambiental e US\$ 186 milhões em tecnologia para o refino. Na Replan está previsto um investimento de US\$ 528 milhões, na construção de uma unidade de coque, 5 unidades de Hidrotratamento, uma unidade de alquilação e uma unidade de fracionamento de nafta. Dos fornecedores de produtos para o plano de modernização das refinarias, quatro são nacionais, nove estrangeiros e dois são consórcios de empresas nacionais e estrangeiras (Petro & Química, 2001).

A Petrobras desenvolve o Programa de Desenvolvimento de Tecnologias Estratégicas de Refino (PROTER) desde 1994, visando o aproveitamento de resíduos do refino e a geração de produtos que atendam às especificações ambientais através da aplicação das seguintes tecnologias: craqueamento catalítico fluido, coqueamento, hidrocrackeamento, hidrotratamento e dessulfurização biocatalítica. As principais metas do Proter são dobrar a taxa de processamento de resíduos, desenvolver catalisadores, otimizar as unidades de craqueamento catalítico fluido, aumentar a taxa de conversão das plantas em 10%, gerar plantas de hidroconversão, processar resíduos pesados, melhorar equipamentos e monitorar sua corrosão e substituir gradualmente crus importados por crus de origem nacional (Tavares, 2000). Dentro do Proter, a Petrobras desenvolve o Programa Tecnológico da Gasolina e Programa Tecnológico do Diesel (Zamith, 1999).

Com relação à participação de universidades no desenvolvimento de tecnologias para as refinarias, um exemplo é um projeto de desenvolvimento de controle informatizado de processos de refino, realizado pelo Laboratório de Simulação e Controle de Processos da Faculdade de Engenharia Química da Escola Politécnica da USP, em parceria com a Petrobras. Este projeto levou ao desenvolvimento de uma tecnologia brasileira que permite o controle informatizado da especificação de combustíveis (Fapesp, 1998).

Na área de eficiência energética, a Petrobras participa do Programa Nacional de Racionalização da Produção e do Uso de Energia (CONPET), criado pelo Ministério de Minas e Energia em 1990. A participação da Petrobras inclui a provisão de recursos técnicos, administrativos e financeiros ao programa, além da condução de um programa de conservação de energia em todas as suas unidades, que inclui processos de co-geração nas refinarias.

A Petrobras desenvolve o Programa Tecnológico de Meio Ambiente (PROAMB) e o Programa de Excelência em Gestão Ambiental e Segurança Operacional. Os recursos previstos para esta área estão na tabela a seguir:

Tabela 2. Recursos orçamentários para a área de meio ambiente e segurança operacional-2000-2003

Ano	Volume de recursos (R\$ milhões)
2000	619
2001	574
2002	361
2003	238
Total	1.792

Fonte: Petrobras (2002)

No Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes), há um Centro de Pesquisa Industrial, onde existe um laboratório de processos de refino, que realiza projetos de engenharia básica, desenvolvimento e melhorias incrementais de processos. Além deste laboratório ligado diretamente às atividades de refino, o Cenpes desenvolve pesquisas em sete laboratórios que tratam de meio ambiente e biotecnologia, que atende a demandas do refino nas áreas de tratamento de efluentes hídricos, tratamento de resíduos e de solos e subsolos contaminados, toxicidade de produtos e efluentes, monitoramento e controle da qualidade do ar e biorrefino de petróleo e derivados. Existe também uma Divisão para pesquisa de catalisadores, que conta com 12 laboratórios. Por fim, a área tecnológica de produtos do Cenpes realiza análises da especificação e de desempenho de vários combustíveis.

No plano plurianual de investimentos do CTPETRO (Fundo Setorial do Ministério da Ciência e Tecnologia para o Setor de Petróleo e Gás Natural) estão descritas as áreas prioritárias para a aplicação dos recursos. Na área de refino, a principal recomendação é a criação de tecnologias de processamento dos petróleos pesados da Bacia de Campos. Na área de conservação e uso racional de energia, recomenda-se a otimização dos processos de refino e estudos sobre a eficiência de combustíveis. Na área de Monitoramento e conservação do meio ambiente, as recomendações são a redução da poluição causada pela indústria do petróleo, a busca de inovações tecnológicas na obtenção e uso de fontes de energia, o tratamento de efluentes, o desenvolvimento de sistemas de sensoriamento remoto ativo, o monitoramento e avaliação da qualidade do ar e o impacto do uso de derivados em grandes áreas urbanas, ecotoxicologia, entre outras (Ministério da Ciência e Tecnologia, 1999).

4. Considerações finais

Este texto procurou mostrar como a questão ambiental, à medida em que modifica o ambiente institucional em que estão inseridas as refinarias de petróleo, cria demandas por inovações que levem à redução da poluição gerada por processos e produtos do refino. Buscou-se discutir de forma crítica alguns exemplos de restrições ambientais, colocando em relevo seus componentes ideológicos e suas influências sobre a indústria de refino de petróleo. Essas influências são perceptíveis no desenvolvimento de tecnologias “limpas” de refino e no desenvolvimento de processos de refino que geram combustíveis menos poluentes. Conclui-se que a aplicação de regulação no setor é positiva, pois ainda que relações de causa e efeito globais (como por exemplo a relação entre queima de combustíveis e efeito estufa) não sejam objeto de consenso científico, é inegável que uma redução na emissão de efluentes decorrentes da produção e consumo de combustíveis terá um efeito positivo na dimensão local. Esta melhoria já justifica as restrições, além de promover o avanço tecnológico nacional na área de energia limpa, que certamente será cada vez mais estratégica, haja vista a crescente participação dos Partidos Verdes nas decisões de política energética nos países desenvolvidos. Por exemplo, de acordo com o Professor Ennio Peres da Silva, do Centro Nacional de Referência em Energia do Hidrogênio (CENEH) do Instituto de Física da Unicamp, a partir de 2003 em Los Angeles (EUA) será obrigatória a comercialização de um percentual de veículos “limpos”, movidos a bateria ou hidrogênio, criando uma forte demanda por fontes de energia alternativas (Miranda, 2001).

Além disso, o desenvolvimento de tecnologias de refino melhoradas é fundamental para a garantia de capacidade técnica para processar o óleo pesado extraído em águas profundas, cuja produção é crescente no Brasil. As implicações econômicas de um melhor aproveitamento deste recurso, principalmente a diminuição das importações de derivados leves, por si só já justificam investimentos na área. Soma-se a isso a variável ambiental: as tecnologias inovadoras de refino podem levar a um uso energético mais eficiente do petróleo, um recurso natural escasso, com menores níveis de contaminação do ambiente, atendendo assim às reivindicações ambientalistas, cada vez mais presentes no cenário político nacional e internacional.

5. Referências

- BRASIL ENERGIA Petrobras dará outra destinação a plantas de MTBE. Revista Brasil Energia n.259, editora Brasil Energia, Rio de Janeiro, junho de 2002. p. 47.
- BUONFIGLIO, A. Programas de ajuste da Alemanha de álcool e de derivados de petróleo Dissertação de mestrado apresentada à faculdade de Engenharia Mecânica/Unicamp, Campinas, 1992.
- FAPESP O salto tecnológico da Petrobras. Notícias Fapesp n. 37, nov. 1998. p. 14-15.
- FRANSMAN, M. and KING, K. Technological capability in the Third World. Basingstoke: MacMillan, 1984.
- FURTADO, A. T. Petróleo e política tecnológica : o que aprender com as experiências brasileira e francesa. Tese (Livre-docência) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas 1995.
- GAZETA MERCANTIL. 29/04/ 2002 Petrobras contrata diagnóstico ambiental
- HERRERA, A.O. Los recursos minerales y los limites del crecimiento economico. Siglo Veintiuno, Mexico, D.F., 1974.
- LENOBLE, R. Historia da idéia de natureza. Edições 70, Rio de Janeiro, 1990.
- MENEZELLO, M. D. C. Comentários à lei do petróleo: Lei Federal n. 9.478, de 6/8/1997. Atlas, São Paulo, 2000.

- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Plano nacional de ciência e tecnologia do setor petróleo e gás natural-CTPETRO. Diretrizes Gerais, 1999. Disponível:
<http://www.mct.gov.br/Fontes/Fundos/CTPETRO.pdf> Consulta em 10/10/2002
- MOWERY, D.C. e ROSENBERG, N. The influence of market demand upon innovation: a critical review. In: Inside the black box: technology and economics. Nathan Rosenberg (org.). Cambridge University Press, New York, 1982.
- NEGRI, B. As políticas de descentralização industrial e o processo de interiorização em São Paulo: 1970-85. In: Modernização e desenvolvimento no interior de São Paulo / José Carlos Tartaglia e Osvaldo Luiz de Oliveira (Orgs). Editora da Unesp, São Paulo, 1988.
- OECD. Environmental policy and technical change. OECD, Paris, 1985
- PETRO E QUÍMICA Nova refinaria só com incentivos. Revista Petro & Química nº 239, Editora Valete, São Paulo, julho 2002.
- _____. Petrobras investe na qualidade do refino. Revista Petro & Química nº 229. Editora Valete, São Paulo, agosto de 2001.p.30-34.
- _____. Reuso de água torna-se meta para indústrias. Revista Petro & Química nº 236. Editora Valete, São Paulo, abril de 2002.p.50-62.
- RATTNER, H. Tecnologia e sociedade : uma proposta para os países subdesenvolvidos. Brasiliense, São Paulo, 1980.
- BRASIL ENERGIA Petrobras dará outra destinação a plantas de MTBE. Revista Brasil Energia n.259, editora Brasil Energia, Rio de Janeiro, junho de 2002. p. 47.
- ROSENBERG, N. Exploring the black box : technology, economics, and history. Cambridge University Press, 1994.
- SAGASTI, F.R. Tecnologia, planejamento e desenvolvimento autônomo. Editora Perspectiva, São Paulo, 1986.
- TAVARES, M.E.E. Desafios tecnológicos do refino de petróleo. Boletim Conjuntura & Informação, Superintendência de Estudos Estratégicos- ANP, Junho – Outubro/00 n.º 11. Disponível:
[http://www.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/doc/informe_ci/c&i%20n%2011.pdf?fn=documentframe.htm\\$f=templates\\$3.0](http://www.anp.gov.br/NXT/gateway.dll/doc/informe_ci/c&i%20n%2011.pdf?fn=documentframe.htm$f=templates$3.0)
Consulta em 19/09/2002
- ZAMITH, M.R.M.A. A indústria para-petroleira nacional e o seu papel na competitividade do “diamante petroleiro” brasileiro. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia do Instituto de Eletrotécnica e Energia, Escola Politécnica, Instituto de Física, e Faculdade de Economia e Administração, da Universidade de São Paulo. Disponível:
<http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/1999/teses/regina.pdf> Consulta em 23/08/2002