

As dez maiores economias e a energia nuclear: Reflexões para o futuro do Brasil

Carlos Feu Alvim e Leonam dos Santos Guimarães

Iniciativas para o uso da biomassa lignocelulósica em biorrefinarias: a plataforma sucroquímica no mundo e no Brasil

Márcia França Ribeiro Fernandes dos Santos,
Suzana Borschiver e Maria Antonieta Peixoto Gimenes Couto

A gripe americana

Economia e Energia

Revista

IMPRESSO
ENVELUPAMENTO AUTORIZADO
PODE SER ABERTO PELA ECT

Capa:

Mapa mundial com indicação do PIB anual das dez maiores economias no mundo em 2010 e sua situação relativa à posse e uso de armas nucleares

Parceria:



Ecentex
COPPE/UFRJ

Rio: Av. Rio Branco, 123 Sala 1308 Centro CEP 20040-005
Rio de Janeiro RJ Tel (21) 2222-4816 Fax 2242-2085
BH: Rua Jornalista Jair Silva, 180 Bairro Anchieta CEP 30310-290
Belo Horizonte MG Tel./Fax (31) 3284-3416
Internet :<http://ecen.com>.

Editor Gráfico: Marcos Alvim



Economia e Energia

Nº 82: Julho/Setembro de 2011

ISSN 1518-2932

Versão em Inglês e Português disponível em: <http://ecen.com>

Textos para Discussão:

As dez maiores economias e a energia nuclear:

Carlos Feu Alvim e Leonam dos Santos Guimarães

O Brasil está entre as dez maiores economias do mundo e é o único desses países que não possui ou armazena em seu território armas nucleares nem considera a possibilidade de seu uso na sua estratégia de defesa. Os quadros apresentados mostram de forma inequívoca a importância estratégica do Brasil se manter ativo na exploração dos usos pacíficos da energia nuclear, expandindo seu domínio tecnológico e capacidade industrial instalada nos diversos setores associados, como produção de radioisótopos para a medicina, indústria e agricultura, produção de combustível nuclear e geração elétrica. Assinala-se ainda a conveniência do Brasil manter a posição de rejeitar o uso não pacífico da energia nuclear, como estabelecido em sua Constituição e em vários acordos internacionais firmados pelo Brasil.

Iniciativas para o uso da biomassa lignocelulósica em biorrefinarias: a plataforma sucroquímica no mundo e no Brasil

*Márcia França Ribeiro Fernandes dos Santos,
Suzana Borschiver e Maria Antonieta Peixoto Gimenes Couto*

O artigo apresenta iniciativas adotadas no mundo e no Brasil sobre o uso de matérias-primas lignocelulósicas no contexto da biorrefinaria. O enfoque será dado na plataforma sucroquímica para a produção de etanol de 2ª geração, tendo em vista a posição de destaque neste segmento de mercado no agronegócio nacional. Os resultados da pesquisa bibliográfica sugerem que a tecnologia ainda está em fase de pesquisa e desenvolvimento e desperta grande interesse para consolidar o mercado mundial de etanol.

Ensaio:**Gripe americana e resfriado no Brasil?**

A crença de que um resfriado nos EUA corresponde a uma gripe ou pneumonia no Brasil não é confirmada pela análises do comportamento do crescimento econômico anual dos dois países nos últimos oitenta anos (1930/2010); com efeito, não parece existir uma correlação entre as taxas de crescimento dos dois países nesse período. Uma análise preliminar por períodos históricos menores mostra que é possível identificar uma correlação positiva em alguns períodos, mas, em boa parte do tempo, a correlação é negativa como aconteceu nos últimos quinze anos.

Sumário

As dez maiores economias e a energia nuclear: Reflexões para o futuro do Brasil.....	3
Introdução	3
As maiores economias do mundo	4
Os dez mais e a energia nuclear	7
Conclusão	12
Iniciativas para o uso da biomassa lignocelulósica em biorrefinarias: a plataforma sucroquímica no mundo e no Brasil	14
Introdução	15
Conceito de Biorrefinaria.....	17
Biorrefinaria de Materiais Lignocelulósicos.....	18
Potencial Brasileiro para geração de matéria-prima lignocelulósica	21
Metodologia.....	22
Resultados	22
No Mundo.....	22
No Brasil.....	26
Referencias	31
Gripe americana e resfriado no Brasil?	33

Texto para Discussão:**As dez maiores economias e a energia nuclear:
Reflexões para o futuro do Brasil***Carlos Feu Alvim¹**Leonam dos Santos Guimarães²***Resumo**

O artigo analisa as dez maiores economias mundiais, nas quais se inclui o Brasil, do ponto de vista da energia nuclear, tanto com relação ao domínio do ciclo do combustível para a geração de eletricidade quanto à posse de armas nucleares. Desses dez países, somente o Brasil não possui armas nucleares, enquanto os demais países ou as possuem ou compartilham essas armas com aqueles que as possuem. Neste contexto, é mostrada a importância estratégica do Brasil se manter ativo nos usos pacíficos da energia nuclear, expandindo seu domínio tecnológico e capacidade industrial instalada nos diversos setores a ela associados. Assinala-se ainda a conveniência do Brasil manter a posição de rejeitar o uso não pacífico da energia nuclear como estabelecido na Constituição Brasileira e em vários acordos internacionais firmados pelo Brasil.

Palavras-chave: Brasil, energia nuclear, armas nucleares, ciclo do combustível nuclear.

Abstract

The article analyzes the ten largest world economies, among which Brazil is included, from the nuclear energy point of view regarding both mastering the nuclear fuel cycle for electricity generation and the possession of nuclear weapons. Of these ten countries Brazil is the only one that does not possess nuclear weapon while the others do have them or share them with those that have them. In this context it is shown the strategic importance for Brazil to maintain active the peaceful uses of nuclear energy expanding its technologic mastering and installed industrial capacity in the different sectors with it associated.

Keywords: Brazil, nuclear energy, nuclear weapons, nuclear fuel cycle.

1 - Editor da Revista Economia e Energia e&e <http://ecen.com>. Foi o primeiro secretário brasileiro da ABACC - Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares, de 1992 a 2003.

2 - Assistente do Diretor Presidente da Eletrobrás Eletronuclear S.A. e membro do Grupo Permanente de Assessoria em Energia Nuclear do Diretor-Geral da Agência Internacional de Energia Atômica.

O Brasil é a oitava maior economia mundial quando se usa o critério de paridade de poder de compra (PPC), e a sétima economia quando se considera o critério do câmbio nominal. Ambas as apurações são do Fundo Monetário Internacional para o ano de 2010. O primeiro critério representa melhor o valor da produção dos países e independe das políticas cambiais nacionais e de suas oscilações bruscas por problemas conjunturais. De qualquer forma, o Brasil está, para ambos os critérios, entre as oito maiores economias mundiais.

As maiores economias do mundo

Na Tabela 1 estão indicadas as dez maiores economias pelos critérios de PPC e de câmbio nominal. A tabela também inclui o Canadá, que é apenas o 14º na lista por paridade do poder de compra, mas é o 9º PIB nominal. Esta tabela também apresenta o PIB PPC per capita.

Tabela 1: Dez maiores economias pelos critérios de paridade de poder de compra (PPC) e câmbio nominal

	PIB em PPC			PIB NOMINAL			PIB PPC/hab	
	US\$ bilhão	Rank	% Mundo	US\$ bilhão	Rank	% Mundo	US\$/hab	Rank
EUA	14.658	1	19,7%	14.658	1	23,3%	47.284	9
China	10.086	2	13,6%	5.878	2	9,3%	7.519	94
Japão	4.309	3	5,8%	5.459	3	8,7%	33.805	24
Índia	4.060	4	5,5%	1.538	10	2,4%	3.339	129
Alemanha	2.940	5	4,0%	3.316	4	5,3%	36.033	19
Rússia	2.223	6	3,0%	1.465	11	2,3%	15.837	52
Reino Unido	2.173	7	2,9%	2.247	6	3,6%	34.920	21
Brasil	2.172	8	2,9%	2.090	7	3,3%	11.239	71
França	2.145	9	2,9%	2.583	5	4,1%	34.077	23
Itália	1.774	10	2,4%	2.055	8	3,3%	29.392	28
Canadá	1.330	14	1,8%	1.574	9	2,5%	39.057	12
Mundo	74.265		100%	62.909		100%	10.886	

Fonte: FMI 2010 (FMI in Wikipedia, 2010)

A metodologia de paridade de poder de compra busca indicar o PIB a preços equivalentes nos EUA. Por essa razão, os valores para esse país são idênticos nas duas listas. Entre os dez maiores, as posições relativas variam muito para os dois critérios, sendo a maior variação a da Índia, que passa de décimo para o quarto quando se considera a PPC.

Na composição da lista das dez maiores economias do mundo, a Rússia substitui o Canadá quando se passa do câmbio nominal para a PPC. A posição do Brasil varia muito pouco, sendo o sétimo na lista do PIB ao câmbio nominal e oitavo, praticamente empatado no sétimo lugar com o Reino Unido, pela paridade de poder de compra.

A Figura 1 ilustra a posição dos maiores países em PIB, medido em PPC e valor nominal. Os onze países representados ocupam as dez primeiras posições no ranking mundial do PIB nominal ou em paridade de poder de compra.

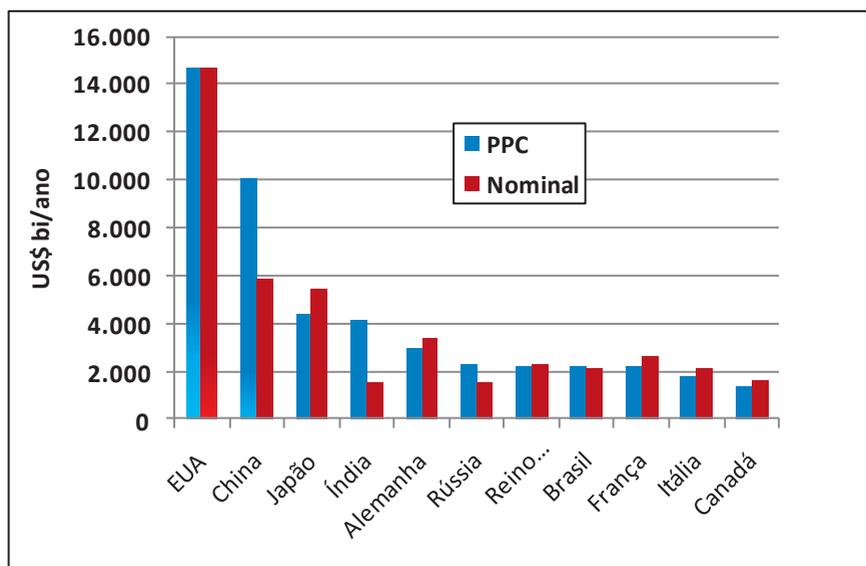


Figura 1: As dez maiores economias mundiais em 2010 (PIB em PPC e Nominal)

Quando se usa o critério da renda per capita, a lista incluiria em seu topo uma quantidade de pequenos países ricos. Dentre os maiores PIB, os EUA ficam em 9º lugar, o Canadá em 12º e a Alemanha em 19º. As demais maiores economias se encontram abaixo do 20º lugar.

O Brasil, que recentemente ultrapassou a limiar da média mundial de PIB PPC per capita, está em 72º lugar. Note-se que a China está em 94º e a Índia, em 129º. Apesar do baixo valor da renda per capita desses países, isso não reduz seu peso específico no comércio internacional e até mesmo o reforça pelo potencial de mercado existente, numa visão de mais longo prazo.

Assim, o Brasil já ocupa hoje posição dentre os “dez mais” da economia mundial, sendo ainda o quinto país em termos de extensão territorial e em população, conforme Tabela 2.

Tabela 2: Posição do Brasil no ranking de população e área

	População			Superfície		
	mil hab	Rank	% Mundo	km2	Rank	% Mundo
EUA	313.232	3	4,5%	9.826.675	3	6,5%
China	1.336.718	1	19,4%	9.596.961	4	6,5%
Japão	126.475	10	1,8%	377.915	61	0,3%
Índia	1.189.172	2	17,5%	3.287.263	7	2,2%
Alemanha	81.471	16	1,2%	357.022	62	0,2%
Rússia	138.739	9	2,1%	17.098.242	1	11,5%
Reino Unido	62.698	22	0,9%	243.610	79	0,2%
Brasil	203.429	5	2,8%	8.514.877	5	5,7%
França	65.312	21	0,9%	643.801	42	0,4%
Itália	61.017	23	0,9%	301.340	71	0,2%
Canadá	34.039	37	0,5%	9.984.670	2	6,7%
Mundo	6.922.600		100%	148.680.365		100%

Fonte: (CIA, 2011)

Seus recursos naturais, força de trabalho e produção diversificada de bens e serviços permitem projetar a ascensão futura do Brasil nessa lista, conforme vem sendo feito por alguns estudos econômicos internacionais. As projeções de GOLDMAN SACHS 2007 colocam o Brasil na quarta posição de PIB PPC em 2050, conforme Figura 2.

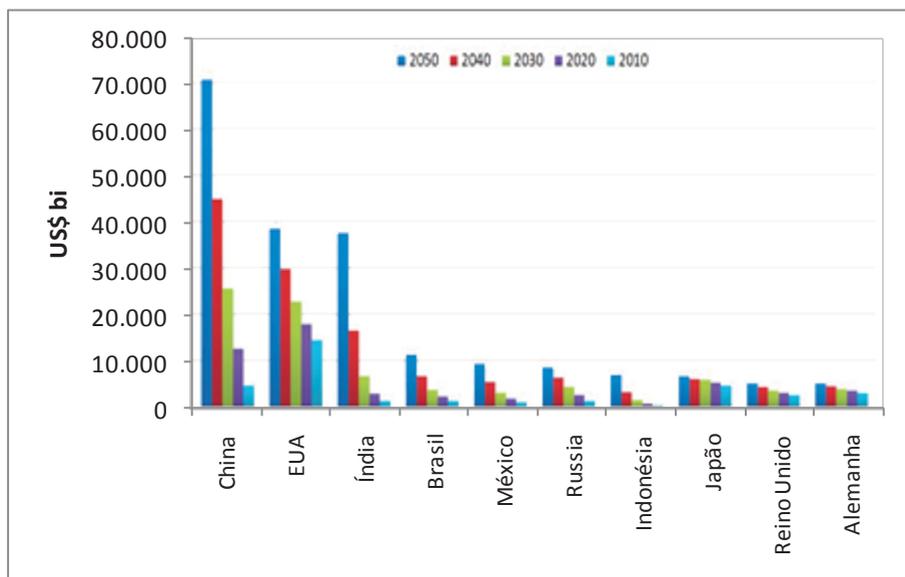


Figura 2: As dez maiores economias mundiais até 2050 (PIB em PPC)

Fonte: Goldman Sachs 2007

O fato de nossa economia estar entre as dez maiores do mundo ainda não foi incorporado à percepção dos brasileiros frente ao mundo, mas já é um fato concreto nas relações internacionais.

Antigamente, tínhamos aquela incômoda sensação de que o Presidente do Brasil era quase um intruso nas fotos das cúpulas mundiais. Agora já nos acostumamos a isso e, futuramente, serão os participantes do grupo denominado G8 que vão começar a sentir a falta de significado prático de suas reuniões com a ausência de países como China, Brasil e Índia. É provável que isto já esteja de fato ocorrendo.

Os dez mais e a energia nuclear

O critério adotado para fixar os membros permanentes do Conselho de Segurança da ONU, que possuem o poder de veto (EUA, Rússia, China, Reino Unido e França), não foi o peso relativo dos países na economia, na população ou na superfície mundial: foi o fato de serem os “vencedores” da 2ª Guerra Mundial. Num primeiro momento, somente os EUA possuíam ar-

mamento nuclear. Muito rapidamente, porém, os demais “vencedores” acederam à posse dessas armas (GUIMARAES, 2010).

Isso se justificava pelo contexto histórico em que esse critério foi adotado, ou seja, imediato pós-guerra e, principalmente, pós-Hiroshima e Nagasaki. À época e nas décadas que se seguiram, dominadas pela ideologia da “Guerra Fria” e da “Mútua Destruição Garantida” (*Mutual Assured Destruction – MAD*), o fator de peso relativo determinante era, inequivocamente, o poder militar, do qual as armas nucleares constituíam fator fundamental de assimetria de poder pela força bruta.

Hoje, passados mais de 60 anos do fim da guerra, a posse de armamento nuclear e a persistente sobrevivência da ideologia a ela associada parece ser o único critério objetivo para a manutenção desse *status quo*.

Felizmente, a posse de armas nucleares e o próprio poder militar vêm deixando de ser os determinantes básicos da influência dos países no cenário mundial. Os fatores econômicos se tornam cada vez mais determinantes do que a posse de armamentos nucleares para medir o peso político dos países.

A ascensão econômica da Alemanha e Japão e, em menor escala, da Itália e demais países europeus destruídos pela guerra, foram os primeiros sinais dessa mudança, ainda que mitigados pela “nuclearização” da França e Grã-Bretanha (e posteriormente da China), pela criação da OTAN, que passou a permitir o “compartilhamento” das armas nucleares entre seus membros, e pela abertura do “guarda-chuva” de proteção nuclear americano sobre o Japão.

Na Tabela 3 estão indicados os dez maiores países em termos de PIB (em PPC) e sua situação quanto à posse e o compartilhamento de armas nucleares. É assinalada, para o Japão, a existência do “guarda-chuva” de proteção nuclear oferecido pelos EUA. Também é indicado na tabela o número de reatores nucleares de pesquisa em operação nesses países, que é um indicador do nível da atividade de desenvolvimento científico e tecnológico na área nuclear e da produção de radioisótopos para usos médicos e industriais.

Tabela 3: Armamentos nucleares e domínio do ciclo de combustível nos dez países de maior atividade econômica

Rank PIB PPPC	País	Armamento Nuclear	Domínio do Ciclo de Combustível	Reatores de Pesquisa em operação
1	EUA	Próprio	Sim	82
2	China	Próprio	Sim	13
3	Japão	Guarda Chuva	Sim	19
4	Índia	Próprio	Sim	5
5	Alemanha	Compartilhado	Sim	21
6	Rússia	Próprio	Sim	20
7	Reino Unido	Próprio	Sim	9
8	Brasil	Não	Sim	4
9	França	Próprio	Sim	19
10	Itália	Compartilhado	Desativado	5

Fontes: (IAEA , 2010), (World Nuclear Association, 2011)

Dos dez maiores países, seis possuem armamento nuclear próprio. Alemanha e Itália são membros da OTAN, tendo armazenado em seus territórios numerosos artefatos nucleares “compartilhados”. As condições detalhadas de como se processa esse compartilhamento não são exatamente conhecidas. Sabe-se, no entanto, que, por exemplo, existem na Alemanha aviões de combate Tornado da Força Aérea Alemã (*Luftwaffe*) prontos para, sob comando da OTAN, serem armados com artefatos nucleares (KRISTENSEN, 2005). Sabe-se ainda que cabe ao comandante da OTAN, ouvido o comando dos EUA junto àquela organização, a decisão sobre o uso do armamento nuclear compartilhado (GAO, 2011).

O Japão tem um acordo com os EUA que garante um “guarda-chuva” de proteção nuclear que implica a existência de armas nucleares a uma distância relativamente curta das potenciais ameaças. Isto faz crer na presença de armamento nuclear em embarcações e aeronaves em águas territoriais japonesas, senão em seu próprio solo nacional, ainda que controlado pelos americanos. Ao menos no passado, existem indícios claros (documentos

liberados em consequência do *Freedom of Information Act* – FOIA dos EUA) de que armas nucleares estiveram nos espaços territorial, marítimo e aéreo japonês (KRISTENSEN, 1999). A contestação da eficácia desse guarda-chuva de proteção e a consequente discussão quanto à conveniência do país ter sua força nuclear própria para defender-se de eventuais ataques é tema recorrente na política interna do Japão, que recrudescer sempre que ocorrem tensões com a China (disputas territoriais por ilhas) e Coreia do Norte (testes nucleares e de mísseis de longo alcance).

No que concerne ao domínio do ciclo nuclear e à geração elétrica nuclear, apenas a Itália não mantém atualmente atividades na área em virtude de decisão política tomada (referendo popular em 1987) sob a forte influência emocional do acidente de Tchernobyl (1986), tendo sua última usina nuclear sido desligada definitivamente em 1990. No contexto de uma crise política interna do governo Berlusconi, agravada pelo acidente de Fukushima, a retomada das atividades nucleares na Itália foi rejeitada por recente referendo popular em junho de 2011.

Por lei de 2001, a Alemanha se comprometeu ao desligamento definitivo de todas as suas usinas nucleares até 2022. O Governo da Chanceler Angela Merkel conseguiu aprovar no Bundestag nova lei que postergou tal decisão por 10 anos. Essa mudança deveu-se principalmente às dificuldades técnicas que a Alemanha enfrenta para cumprir simultaneamente essa decisão política e as metas de redução de emissões de gases de efeito estufa, bem como manter uma razoável segurança energética nacional, minimizando importações de eletricidade dos países vizinhos e de combustíveis fósseis, em especial gás natural da Rússia.

Entretanto, após o acidente de Fukushima (março de 2011) e também no contexto de uma crise política interna ligada à proximidade de eleições, esse mesmo governo voltou atrás recentemente, mantendo a data limite de 2022. Entretanto, o governo alemão não tem uma política de abandono das atividades ligadas ao ciclo do combustível nuclear nem de banimento de armas nucleares de seu território, atitude essa no mínimo contraditória.

Essas decisões políticas, porém, não impedem que Itália e Alemanha importem significativas parcelas de seu consumo de eletricidade de países geradores de energia nuclear, como França, Eslovênia, Hungria e República Tcheca.

Note-se que tanto a Itália como a Alemanha estavam no caminho de desistir da renúncia à geração núcleo-elétrica quando ocorreu o acidente de Fukushima num contexto de crise política interna, o que fez esses países reafirmarem sua posição anterior de abandono das usinas nucleares.

Na Tabela 4 estão indicados os dados de geração de energia elétrica e da participação nuclear. A tabela também indica as reservas estimadas de urânio dos países (só são indicadas as reservas relevantes do ponto de vista mundial). A posse de reservas de urânio é, naturalmente, um fator a ser levado em conta nas decisões sobre a energia nuclear no País.

Tabela 4: Geração de energia elétrica e participação nuclear nos dez países de maior atividade econômica

Rank PIB PPPC	País	Usinas Nucleares em operação (+ em construção)	Potência Instalada Mw(e)	Participação na Geração Elétrica	Reservas Urânio (ton de U)
1	EUA	104 (+1)	100.747	20%	339.000
2	China	11 (+20)	8.438	2%	67.900
3	Japão	54 (+1)	46.823	29%	x
4	Índia	18 (+5)	3.987	3%	72.900
5	Alemanha	17 (em desativação)	20.480	28%	x
6	Rússia	31 (+9)	21.743	17%	545.700
7	Reino Unido	19	10.137	16%	x
8	Brasil	2 (+1)	1.884	3%	278.400
9	França	59 (+1)	63.260	74%	x
10	Itália	4 (desativadas)	-	-	-

Fonte: (IAEA , 2010)

Cabe ressaltar que Brasil, Rússia e EUA são os únicos países do mundo que possuem grandes reservas de urânio, domínio tecnológico de todas as etapas de produção do combustível nuclear e um parque de geração elétrica nuclear em operação. Rússia e EUA, entretanto, possuem capacidade

industrial instalada suficiente para garantir auto-suficiência na produção de combustível nuclear. O Brasil tem tal capacidade nas etapas de mineração, beneficiamento e fabricação, faltando, porém, instalações industriais com capacidade suficiente para atender as necessidades nacionais nas etapas de conversão e de enriquecimento, apesar de possuir unidades piloto com capacidade de produção limitada desde o final dos anos 80.

Conclusão

O Brasil é, dentre as dez maiores economias mundiais, o único país que não possui, não armazena em seu território e nem considera a possibilidade de uso de armas nucleares estrangeiras na sua estratégia de defesa. Juntamente com Nova Zelândia, o Brasil é o único país do mundo que proscreveu os usos não pacíficos da energia nuclear na sua própria Constituição Federal. O Brasil é signatário do Tratado de Não Proliferação Nuclear e do Tratado de Tlatelolco, este último estabelecendo a América Latina e Caribe como uma zona livre de armas nucleares.

O Acordo Brasil Argentina, que eliminou uma potencial corrida por armas nucleares na região e que criou a Agência Brasileiro Argentina de Contabilidade e Controle de Materiais Nucleares (ABACC), completa 20 anos em 2011. O Acordo assegurou o clima político favorável para que o MERCOSUL fosse posteriormente instalado. Esse bloco econômico serviu de base para o avanço da integração econômica do Continente Sul-Americano. O espaço econômico que assim se abriu é de grande importância para o continente. O comércio com a Argentina, que era quase desprezível, alçou nosso vizinho à posição de segundo maior parceiro comercial do Brasil.

Ao Brasil interessa manter sua posição de uso apenas pacífico da energia nuclear. Isso dá ao país um caráter único junto aos “dez mais” da economia mundial, que se reflete numa autoridade moral e ética que pode ser explorada politicamente em diversas situações como, por exemplo, a reforma do Conselho de Segurança da ONU e a arbitragem de crises internacionais. Essa “vantagem competitiva” é muito mais valiosa do que a posse de armas nucleares que, ao final das contas, seriam feitas para nunca serem usadas.

Entretanto, os quadros apresentados mostram de forma inequívoca a importância estratégica do Brasil se manter ativo na exploração dos usos pacíficos da energia nuclear, expandindo seu domínio tecnológico e capaci-

dade industrial instalada nos diversos setores associados, como produção de radioisótopos para medicina, indústria e agricultura, produção de combustível nuclear e geração elétrica.

O Plano Nacional de Energia (PNE), que prevê a conclusão de Angra 3 até 2015 e a implantação de 4.000 MW nucleares adicionais até 2030, juntamente com as metas estabelecidas para a autosuficiência na produção do combustível nuclear, que mantêm nas duas próximas décadas uma participação do nuclear na geração elétrica próxima da atual, também é, por necessidades de diversificação da matriz energética, uma opção sensata do ponto de vista energético.

Bibliografia

CIA The World Fact Book Consultado em Julho de 2011, em <http://www.cia.gov>

FMI citado na Wikipedia. (2010). consultado Junho 2011, disponível em <http://en.m.wikipedia.org>

GOLDMAN SACHS, *BRICS AND BEYOND - study of BRIC and N11 nations*, Novembro 2007, disponível em <http://www2.goldmansachs.com/ideas/brics/book/BRIC-Full.pdf>

GUIMARAES, L. S., *A (contra) Ameaça Nuclear*, in Revista Marítima Brasileira vol 130, série 04/06, maio de 2010.

GAO. (May 2011). *NUCLEAR WEAPONS- DOD and NNSA Need to Better Manage Scope of Future Refurbishments and Risks to Maintaining U.S. Commitments to NATO*. Washington - DC - USA: United States Government Accountability Office, disponível em <http://www.gao.gov/products/GAO-11-387>

IAEA (2010). *Nuclear Power Reactors in the World - Reference Data No. 2*. Vienna: International Atomic Energy Agency.

Kristensen, H. M. (Julho 1999). *Japan Under the Nuclear Umbrella: U.S. Nuclear Weapons and Nuclear War Planning In Japan During the Cold War*. The Nautilus Institute for Security and Sustainable Development.

Kristensen, H. M. (Fevereiro 2005). *U.S. Nuclear Weapons in Europe: A Review of Post-Cold War Policy, Force Levels, and War Planning*, Natural Resources Defense Council, disponível em <http://www.nrdc.org/nuclear/euro/euro.pdf>.

World Nuclear Association (Julho 2011). *World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements*, Consultado julho 2011, em <http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html>

Artigo:

Iniciativas para o uso da biomassa lignocelulósica em biorrefinarias: a plataforma sucroquímica no mundo e no Brasil

Márcia França Ribeiro Fernandes dos Santos¹Suzana Borschiver²Maria Antonieta Peixoto Gimenes Couto³**Resumo**

Petróleo, gás natural e seus derivados representam 55% do consumo mundial de energia; no entanto, eles não vão durar mais do que algumas décadas. Assim, se faz necessário encontrar substitutos para estes combustíveis e uma alternativa que se apresenta é a utilização de matéria orgânica renovável (biomassa). Este artigo apresenta as iniciativas adotadas no mundo, e em especial no Brasil, sobre o uso de matérias-primas lignocelulósicas no contexto da biorrefinaria. O enfoque será dado na plataforma sucroquímica para a produção de etanol de 2ª geração, tendo em vista a posição de destaque neste segmento de mercado no agronegócio nacional. O levantamento das informações disponibilizadas na literatura foi obtido por meio de uma pesquisa bibliográfica. Os resultados sugerem que a tecnologia ainda está em fase de pesquisa e desenvolvimento e desperta grande interesse para consolidar o mercado mundial de etanol.

Palavras-chave: biorrefinaria; biomassa; matéria-prima lignocelulósica; etanol; Brasil.

1 - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) – Diretoria Executiva – CRM – Av. Franklin Roosevelt 146, 6º andar, sala 602 – Centro – Rio de Janeiro/RJ. Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Cidade Universitária – Centro de Tecnologia, Bloco E – 2º andar – DPO – Área de Gestão e Inovação Tecnológica – Rio de Janeiro/RJ – CEP: 21949-900. email: marciafribeiro@yahoo.com.br

2 - Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Cidade Universitária – Centro de Tecnologia, Bloco E – 2º andar – DPO – Área de Gestão e Inovação Tecnológica – Rio de Janeiro/RJ – CEP: 21949-900. email: suzana@eq.com.br

3 - Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Cidade Universitária – Centro de Tecnologia, Bloco E – 2º andar – DEB – Área de Processos Bioquímicos – Rio de Janeiro/RJ – CEP: 21949-900. email: gimenes@eq.com.br

Abstract

Oil, natural gas and their products represent 55% of global energy consumption, yet they will not last more than a few decades. Thus, it is necessary to find substitutes for these fuels and an alternative that presents itself in the use of organic matter (biomass). This article presents the initiatives taken in the world, and especially in Brazil on the use of raw materials in the context of lignocellulosic biorefinery. The focus will be on the sugar platform for the production of second-generation ethanol, aimed at a prominent position of this market segment in the national agribusiness. The survey of information availability in the literature was obtained through a search. The results suggest that the technology is still undergoing research and development and it arouse great interest for consolidating the ethanol global market.

Keywords: biorefinery; biomass; lignocellulosic, feedstock; ethanol; Brazil.

Introdução

As mudanças climáticas e a elevação das cotações do petróleo aliadas às necessidades estratégicas de produção de energia têm motivado uma corrida sem precedentes à produção de combustíveis alternativos, preferencialmente de fontes renováveis de energia (BUCKERIDEG et al, 2010).

O uso da biomassa para energia cresce em importância como uma das vias de mitigação dos problemas citados acima. Existem diferentes rotas para converter a energia da biomassa em fluxo de energia final desejado, quer seja na forma de calor, combustível ou energia elétrica (SEABRA, 2008).

Assim, abrem-se oportunidades para o desenvolvimento de uma indústria baseada em matérias primas renováveis. Além dos biocombustíveis já conhecidos, um fluxo de inovações em desenvolvimento pode estar lançando as bases de uma indústria integrada de exploração da biomassa (COUTINHO & BONTEMPO, 2010).

Neste cenário, o Brasil desponta em uma posição privilegiada para assumir a liderança no aproveitamento integral das biomassas pelo fato de apresentar grande potencial de cultivo de matérias-primas renováveis, dispondo de vantagens comparativas e competitivas tais como: (i) culturas agrícolas de grande extensão (destaque para a indústria da cana-de-açúcar); (ii) maior biodiversidade do planeta; (iii) intensa radiação solar; (iv) água em

abundância; (v) diversidade de clima; e (vi) pioneirismo na produção de biocombustível etanol (CGEE, 2010). O país reúne, ainda, condições para ser o principal receptor de recursos de investimentos oriundos do mercado de carbono no segmento de produção e uso de bioenergia.

Hoje, o Brasil desfruta de uma posição confortável com relação à tecnologia da produção de etanol. Neste setor, o Brasil é líder mundial na produção de cana-de-açúcar, etanol e açúcar com 572,7 milhões de toneladas, 27,7 bilhões de litros e 31,3 milhões de toneladas, respectivamente, na safra de 2008/2009 (CORTEZ, 2010).

Em média, 50% da cana colhida é destinada à produção de álcool e os demais 50% são destinados à produção de açúcar. Cerca de 2/3 do açúcar produzido é destinado ao mercado externo enquanto que o restante atende ao mercado interno. Quanto a produção de álcool, cerca de 85% é direcionado ao mercado interno, sendo que destes, 90% são destinados ao seu uso como combustível, e o restante atender ao mercado externo (BASTOS, 2007).

Entretanto, para preservar essa posição num cenário competitivo, em que outros *players* estão interessados em se desenvolver com pesados investimentos em Pesquisa & Desenvolvimento (P&D), o Brasil precisa manter investimentos compatíveis na geração de novas tecnologias e formação de competências (BUCKERIDEG *et al*, 2010).

Atualmente, a conversão pela rota sucroquímica de material lignocelulósico, presente na palha e no bagaço da cana-de-açúcar, em açúcares fermentáveis para a produção de etanol, denominado de etanol de 2ª geração, vem sendo considerada no Brasil como uma alternativa promissora para atender à demanda mundial.

Assim, o presente artigo tem como objetivo principal expor as iniciativas adotadas no mundo, e em especial no Brasil, sobre o uso de matérias-primas lignocelulósicas no contexto da biorrefinaria. O enfoque será dado na plataforma sucroquímica para a produção de etanol de 2ª geração, tendo em vista a posição de destaque neste segmento de mercado no agronegócio nacional.

Conceito de Biorrefinaria

De acordo com Fernando *et al* (2006) o conceito de produzir produtos a partir de *commodities* agrícolas, como a biomassa, não é novo; no entanto, utilizar a biomassa como insumo na produção de vários produtos de maneira similar a uma refinaria de petróleo, onde combustíveis fósseis são usados como *input*, é relativamente novo. Seu principal objetivo é transformar os materiais biológicos em produtos utilizáveis nas indústrias de transformação usando uma combinação de tecnologias e processos biotecnológicos.

Os princípios básicos da refinaria de petróleo tradicional e a biorrefinaria são representados esquematicamente na Figura 1. Uma refinaria de petróleo fornece principalmente combustíveis para transportes e energia, e somente uma fração relativamente pequena é usada na indústria química. Em uma biorrefinaria uma quantidade relativamente maior é usada para a química e a utilização de materiais. De acordo com Kamm *et al.* (2006), os bioprodutos industriais só podem competir com aqueles oriundos da petroquímica quando os recursos de biomassa são processadas através de sistemas de forma otimizada nos sistemas das biorrefinarias, onde novas cadeias de valor são desenvolvidas e implementadas.

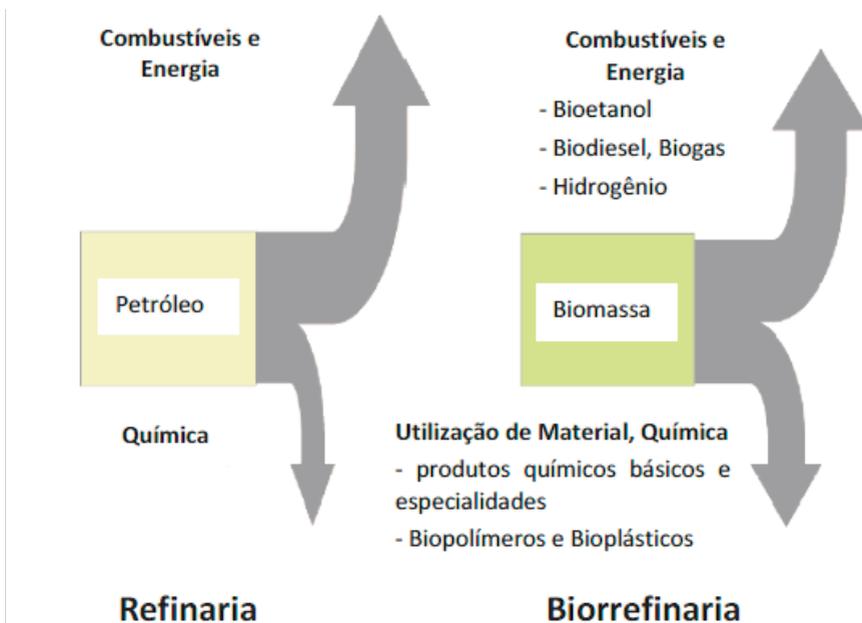


Figura 1: Refinaria de petróleo versus biorrefinaria
(KAMM *et al.*, 2006)

Em seus estudos, Ree & Annevelink (2007) apontam a existência de sete tipos de biorrefinarias, que ainda estão na fase de pesquisa e desenvolvimento: (i) Biorrefinarias Convencionais; (ii) Biorrefinarias Verdes; (iii) Biorrefinarias de Cereais; (iv) Biorrefinarias de Material Lignocelulósico; (v) Biorrefinarias de Duas Plataformas; (vi) Biorrefinarias Termoquímicas; e (vii) Biorrefinarias Aquáticas.

Biorrefinaria de Materiais Lignocelulósicos

A biorrefinaria a partir de materiais lignocelulósicos usa um mix de fontes de biomassa para a produção de uma série de produtos por meio de uma combinação de tecnologias. Tal biorrefinaria consiste de três frações químicas básicas: (a) hemicelulose, polímeros de açúcar com cinco carbonos; (b) celulose, polímeros de glucose com seis carbonos; e (c) lignina, polímeros de fenol (FERNANDO et al, 2006). A Figura 2 apresenta os produtos que podem ser obtidos a partir destas frações químicas.

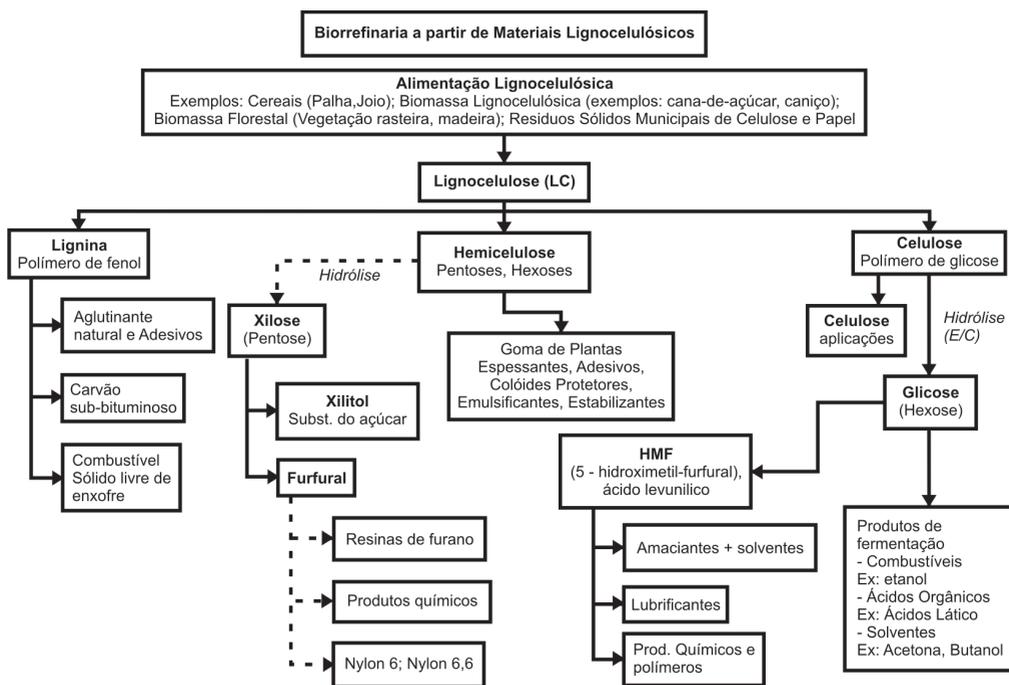


Figura 2: Produtos potenciais obtidos na Biorrefinaria de Material Lignocelulósico (KAMM et al., 2006)

Segundo Pereira Júnior *et al* (2008), a utilização de biomassa lignocelulósica dentro do contexto da biorrefinaria é fundamentada em duas plataformas distintas, conforme o conceito de Biorrefinarias de Duas Plataformas ilustrado na Figura 3, que visam fornecer “blocos de construção” para obter uma variedade de produtos.

A plataforma termoquímica é baseada em processos de conversão termoquímica pela reação de matéria-prima em altas temperaturas com uma quantidade de oxigênio controlada (gaseificação) para produzir gás de síntese ($\text{CO} + \text{H}_2$) ou na ausência de oxigênio (pirólise) para produzir bio-óleo, que depois de um processo de hidrodeoxigenação produz uma mistura líquida de hidrocarbonetos similar àqueles presentes no petróleo.

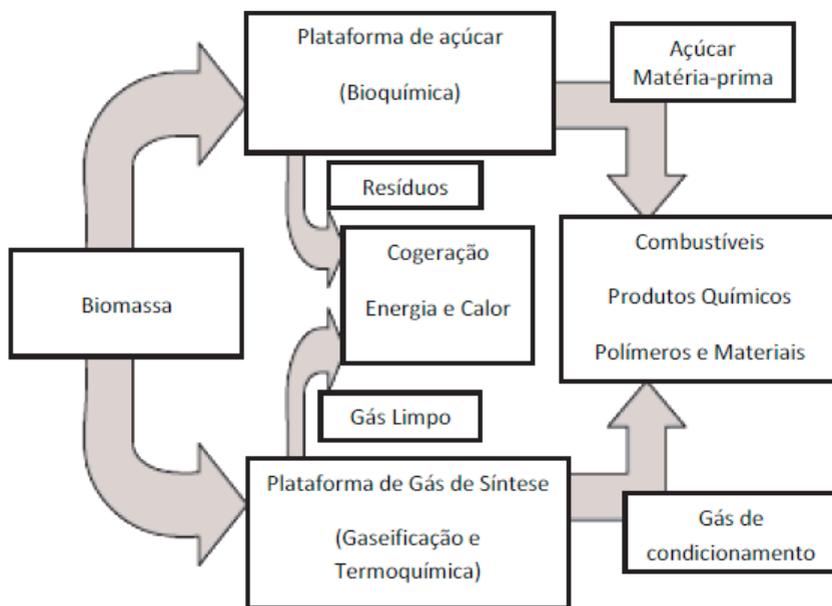


Figura 3: Conceito da Biorrefinaria de Duas Plataformas (KAMM *et al.*, 2006)

A plataforma de açúcar, também conhecida como sucroquímica, objeto de estudo do artigo, é baseada em processos de conversão química e bioquímica de açúcares extraídos da biomassa mediante uma separação de seus componentes principais. Para isto, o pré-tratamento é essencial, visando a desorganização do complexo lignocelulósico e como consequência aumento da acessibilidade das enzimas às moléculas de celulose (PEREIRA JR. *et al.*, 2008).

O pré-tratamento, que consiste em submeter o material lignocelulósico a uma série de operações, visa promover a quebra das ligações que unem as macroestruturas. Tais operações são responsáveis pela adequação da matéria-prima, como, por exemplo, o bagaço da cana-de-açúcar, às condições de transformação por parte dos micro-organismos. Estas podem ser classificadas como físicas, físico-químicas, químicas e biológicas, conforme o agente que atua na alteração estrutural (SCHLITTLER, 2006). A Figura 4 mostra um esquema simplificado para a separação dos principais componentes dos materiais lignocelulósicos.

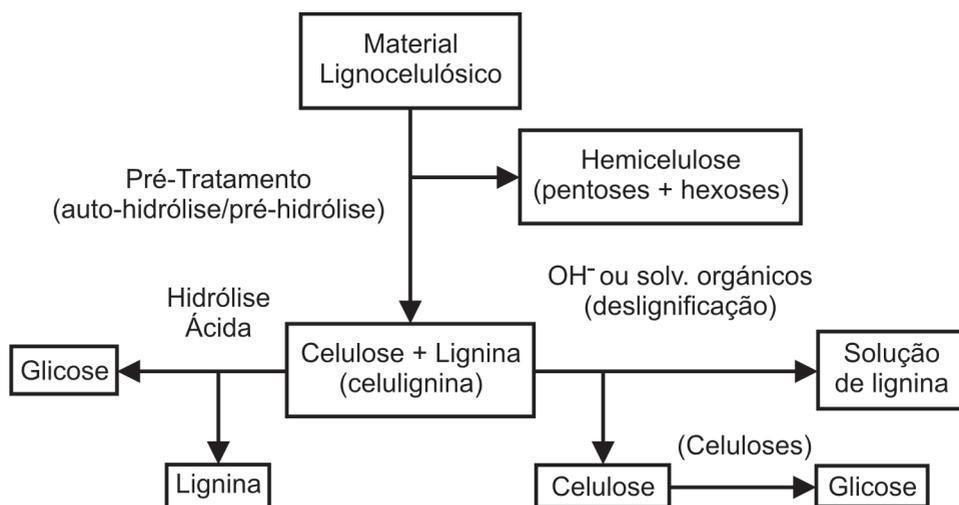


Figura 4: Separação dos componentes lignocelulósicos (PEREIRA JR. *et al*, 2008)

Pereira Jr. (2006) observa que a decisão de usar um ou outro processo de hidrólise depende também do tipo de material lignocelulósico empregado. Na hidrólise da hemicelulose (que ocorre em condições mais brandas do que no caso da celulose), a estratégia tem sido a utilização de ácido sulfúrico diluído. No caso da celulose, como a hidrólise química requer condições de alta severidade (elevadas temperaturas, grandes tempos de exposição e altas concentrações de ácido), pela maior resistência ao ataque hidrolítico, o uso da hidrólise enzimática seria mais indicado (pela ausência de condições severas); tal estratégia tecnológica difere da concepção de processos antigos em que se buscava a hidrólise química conjunta da celulose e da hemicelulose, pois são polissacarídeos com diferentes suscetibilidades ao ataque hidrolítico.

A hidrólise total da celulose gera apenas glicose, que pode ser convertida a uma série de substâncias químicas e bioquímicas, conforme ilustrado na Figura 2, com destaque para a sua conversão biológica a etanol, dito de 2ª geração por ser obtido a partir de materiais lignocelulósicos.

Esta nova plataforma tecnológica pode revolucionar segmentos industriais como no caso do Brasil, que gera uma grande quantidade de resíduos como o bagaço da cana-de-açúcar; no entanto, a utilização efetiva dos materiais lignocelulósicos em processos microbiológicos esbarra em dois obstáculos principais: a estrutura cristalina da celulose, altamente resistente à hidrólise e a associação lignina-celulose, que forma uma barreira física que impede o acesso enzimático ou microbiológico ao substrato (CGEE, 2010). Adicionalmente, a hidrólise ácida da celulose apresenta o inconveniente de requerer o emprego de elevadas temperatura e pressão, levando à destruição de parte dos carboidratos e à obtenção de produtos de degradação tóxicos aos microrganismos. A sacarificação enzimática, por sua vez, requer o emprego de pré-tratamentos físicos (moagem, aquecimento, irradiação) ou químicos (ácido sulfúrico, ácido fosfórico, álcalis), para atingir rendimentos viáveis.

Potencial Brasileiro para geração de matéria-prima lignocelulósica

Tendo em vista a vasta biodiversidade encontrada em seu território, o Brasil dispõe de uma grande variedade de resíduos agrícolas e agroindustriais cujo bioprocessamento desperta um grande interesse econômico e social. Dentre estes exemplos figuram os resíduos derivados de atividades tais como as indústrias de papel e celulose (sepilho, maravalhas e cavacos desclassificados de eucalipto e pinus), serrarias (serragem), usinas de açúcar e álcool (bagaço de cana-de-açúcar) e, de um modo geral, unidades de produção agrícola geradoras de resíduos de culturas como a palha de cereais, de milho, de trigo, sabugo de milho, cascas de arroz e de aveia, dentre outros (RAMOS, 2000).

No Brasil, a quantidade de resíduos lignocelulósicos gerada anualmente é de aproximadamente 350 milhões de toneladas (PEREIRA JR, 2007). Considerando que uma das principais fontes de materiais lignocelulósicos é o setor sucroalcooleiro e adotando o teor de celulose, hemicelulose e lignina

no bagaço como parâmetro de comparação^[1], chega-se a quantidade potencial respectivamente de 164,5 , 96,25 e 71,05 milhões de toneladas que podem ser obtidas a partir de resíduos lignocelulósicos no Brasil.

Metodologia

Este trabalho tem como objetivo apresentar as iniciativas tomadas no mundo, e especialmente no Brasil, com relação ao uso de matérias-primas no contexto de biorrefinaria de materiais lignocelulósicos. O enfoque será dado na plataforma sucroquímica para a produção de etanol de 2ª geração, tendo em vista a posição de destaque neste segmento de mercado no agropêlo nacional. A metodologia adotada neste estudo exploratório foi baseada na literatura e em documentos obtidos a partir de uma pesquisa de informações disponibilizadas na literatura. Para atingir o objetivo, a informação é apresentada de modo a fornecer um panorama dos esforços mundiais e brasileiro em pesquisa para o desenvolvimento de novas tecnologias relacionadas à obtenção do etanol de segunda geração.

Resultados:

No Mundo

Apesar de atualmente não existir nenhuma planta comercial para produção de etanol a partir de materiais lignocelulósicos, muitas plantas-piloto e de demonstração já foram desenvolvidas e diversos projetos comerciais estão em desenvolvimento. A Tabela 1 apresenta as empresas mundiais que vêm empregando tecnologias para produção de etanol de 2ª geração e informações complementares.

A Tabela 1 revela que a maior parte das empresas encontradas explora o conceito de biorrefinaria de acordo com a plataforma sucroquímica. A maioria das plantas está localizada nos EUA, mas países como Canadá, Suécia, Finlândia, Rússia e Japão também são sedes de algumas iniciativas.

1 - Bagaço de cana é composto de 47% de celulose, 27,5% de hemicelulose e 20,3-26,3% de lignina (AGUIAR, 2010)

Tabela 1: Empresas que empregam tecnologias para a produção de etanol de 2ª geração e características de processo (CGEE, 2010)

Empresa	País de origem	Características de processo	Localização	Capacidade (m³/ano)
AE Biofuels	EUA	Hidrólise enzimática	Montana	567
Blue Fire Ethanol	EUA/ Japão	Hidrólise com ácido concentrado	Califórnia Izumi	12.110 Não determinado
Chempolis Ou	Finlândia	Hidrólise com ácido diluído	Oulu	Não determinado
Iogen	Canadá	Hidrólise enzimática	Ontario	4.000
KL Energy	EUA	Hidrólise enzimática	Wyoming	5.680
Lignol Energy	Canadá	Pré-tratamento Organosolv	Vancouver	2.500
Mascoma	EUA	Não determinado	New York	1.890
Poet	EUA	Não determinado	South Dakota	75
Sekab	Suécia	Hidrólise enzimática	Não determinado	Não determinado
STI	Finlândia	Não determinado	Lappeenranta Hamina Narpio	1.000 1.000 1.000
St. Petersburg State Forest-Technical Academy	Rússia	Hidrólise com ácido diluído	13 unidades no país	Não determinado
Sun Opra	Canadá	Hidrólise enzimática	China	Não determinado
University of Florida	EUA	Hidrólise enzimática	Flórida	7.570
Verenium	EUA	Hidrólise enzimática	Lousiana Japan	5.300 4.920

A Tabela 2 mostra os projetos aprovados pelo Departamento de Energia dos EUA (US DOE) para a construção de pequenas biorrefinarias no país, ao final de 2008.

Tabela 2: Projetos aprovados pelo US DOE para a construção de pequenas biorrefinarias nos EUA (US DOE, 2009 *apud* CGEE, 2010)

Empresa	Custo Total 10 ⁶ US\$	Participação US DOE 10 ⁶ US\$	Capacidade anual de produção	Localização	Matérias-primas	Tecnologia
Verenium	91,35	76,0	1.500.000	Jennings, LA	Bagaço, cereais, desperdícios agrícolas, resíduos de madeira	Rota bioquímica
Flambeau Llc.	84,0	30,0	6.000.000	Park Falls, WI	Resíduos florestais	BTL
ICM	86,0	30,0	1.500.000	St. Joseph, MO	Gramíneas, sorgo forrageiro, palha	Rota bioquímica
Lignol Innovations	88,0	30,0	2.500.000	Commerce City, CO	Biomassa da madeira, resíduos agrícolas	Rota bioquímica Organosolv
Pacific Ethanol	73,0	24,34	2.700.000	Boardman, OR	Palha de trigo, palha, resíduos de álamo	Biogasolina (EtOH, biogas, combustíveis sólidos)
New Page	83,6	30,0	5.500.000	Wisconsin, WI	Biomassa da madeira – resíduos das usinas	BTL
Rse Pulp	90,0	30,0	2.200.000	Old Town, Maine	Lascas de madeira	Rota bioquímica
Econfin, Llc	77,0	30,0	1.300.000	Washington Country, KY	Espigas de milho	Rota bioquímica (fermentação em estado sólido)
Mascoma	135,0	25,0	2.000.000	Monroe, TN	Gramíneas e madeiras	Rota bioquímica
Total	808,0	305,3	25,2 M galões = 95,4 M litros			

A Tabela 2 aponta uma tendência para a implementação da plataforma bioquímica, havendo ainda iniciativas de tecnologias termoquímicas como , BTL (*biomass-to-liquid*).

Cabe destacar ainda que foi implementado o Programa de Biomassa do Departamento de Energia para criar nos Estados Unidos uma nova indústria – a indústria da biomassa, ou bioindústria –, consolidada com a instalação de biorrefinarias capazes de transformar vários tipos de biomassa, a preços competitivos em relação às atuais fontes fósseis, em combustíveis, produtos químicos, eletricidade e calor. As biorrefinarias e o uso da biomassa celulósica emergem como fundamentais para alcançar as metas de produção/consumo de etanol, em função das limitações das fontes atualmente empregadas (BASTOS, 2007).

Neste contexto, o país pretende investir US\$ 385 milhões em seis biorrefinarias de etanol celulósico capazes de produzir 480 milhões de litros de etanol celulósico por ano, como parte do plano do governo norte-americano e tornar o etanol celulósico competitivo em 2012 a fim de reduzir o consumo de gasolina nos EUA nos próximos 20 anos. A Tabela 3 apresenta os seis projetos selecionados pelo Departamento de Energia Americana (US DOE).

Tabela 3: Investimentos do DOE em projetos de produção de etanol celulósico nos EUA 2007-2010 (BARROS, 2007)

Empresa	Localização da planta	Matéria-prima	Capacidade (milhões de litros/ano)	Investimentos (milhões US\$)
Abegoa Bioenergy Corp.	Kansas	Sabugo de milho, resíduos de trigo, etc	43,1	76
ALICO, Inc.	Flórida	Resíduos de vegetais diversos	52,6	33
BlueFire Ethanol, Inc.	Califórnia	Resíduos vegetais e de madeira	71,9	40
Broin Companies of Sioux Falls	Iowa	Resíduos de milho	94	80
Iogen Biorefinery Partners	Idaho	Resíduos agrícolas	68	80
Range Fuels	Geórgia	Resíduos de madeira	151	76

No Brasil

Uma das empresas brasileiras que mais investem em P&D sobre biorrefinarias, em especial a partir de resíduos da cana-de-açúcar, é a Petrobras S.A., que é uma empresa estatal brasileira de economia mista, que opera em 27 países, no segmento de energia, prioritariamente nas áreas de exploração, produção, refino, comercialização e transporte de petróleo e seus derivados no Brasil e no exterior (PETROBRAS, 2011).

Segundo Baratelli Junior (2007), a estratégia competitiva da empresa é expandir a participação no mercado de biocombustíveis liderando a produção nacional de biodiesel e ampliando a participação no negócio de etanol. A Tabela 4 apresenta as rotas para produção de biocombustíveis e o estágio do esforço tecnológico empreendido pela Petrobras/CENPES para o desenvolvimento das tecnologias.

A Tabela 4 aponta que os biocombustíveis que demandam um esforço tecnológico elevado por parte da petrobras são de segunda geração, o etanol de celulose e os combustíveis de pirólise e de gás de síntese – BTL que, por sua vez, utilizam como fonte de biomassa matérias de origem celulósica – matéria-prima para as biorrefinarias lignocelulósicas.

Com o projeto de desenvolvimento do bioetanol (etanol de lignocelulose) – um biocombustível produzido a partir de resíduos agroindustriais – a Petrobras entra na produção dos chamados biocombustíveis de segunda geração (PETROBRAS, 2008).

Depois da etapa de testes em laboratório, o projeto de produção de bioetanol passa para a fase de testes em escala piloto, por meio de uma unidade experimental instalada no CENPES. Desenvolvida em parceria com a empresa brasileira Albrecht, a planta piloto de etanol de lignocelulose, localizada no Centro de Pesquisas da Petrobras (CENPES), é única no Brasil utilizando a tecnologia enzimática. Para a produção de etanol a partir de resíduos agroindustriais, a planta utiliza um processo de quebra de moléculas com ação de enzimas. O projeto foi desenvolvido pela Petrobras em parceria com a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e outras universidades brasileiras.

Combustível	Fonte/Biomassa	Estágio da Tecnologia	Esforço tecnológico da Petrobras
-------------	----------------	-----------------------	----------------------------------

Primeira geração

Etanol de grãos e cana-de-açúcar	Cana de açúcar, trigo, milho, beterraba	Comercial	médio
Biodiesel	Óleos vegetais e gorduras	Comercial	alto
Diesel verde (hidrotreatamento)	Óleos vegetais, gorduras e petróleo	Rumo a comercial no Brasil e Europa	alto
Butanol	Milho, sorgo, trigo e cana-de-açúcar	Projeto BP and Dupont para produzir	monitoramento

Segunda geração

Etanol celulósico	Resíduos agrícolas, lascas de madeira e grama	Projeto IOGEN anuncia planta comercial	alto
Combustíveis da Pirólise (bio-óleo)	Qualquer biomassa celulósica	Projeto BIOCOUP – consórcio europeu de 16 empresas desde 2006 até 2011	médio
Combustíveis de Gás de Síntese - BTL	Qualquer biomassa celulósica	Demonstrado em larga escala com fósseis. Projeto CHOREN para biomassa anuncia planta comercial.	alto

Futuro

Diesel de algas	Microalgas cultivadas	Escala de laboratório em Universidades	baixo
Hidrocarbonetos de biomassa	Carboidratos	Escala de laboratório em Universidades	prospecção

Tabela 4: Esforço tecnológico das rotas para produção de biocombustíveis da Petrobras (Adaptado de BARATELLI JR., 2007)

Qualquer rejeito vegetal pode ser utilizado como fonte de biomassa na planta experimental, mas o sistema está ajustado ao bagaço de cana-de-açúcar, por ser o resíduo agroindustrial mais expressivo no país. Outra matéria prima que será utilizada nos testes é a torta de mamona, resíduo amiláceo do processo de produção do biodiesel a partir de mamona.

A planta experimental é capaz de produzir cerca de 220 litros de etanol por tonelada de bagaço de cana-de-açúcar. Nesta etapa do projeto de pesquisa, os pesquisadores trabalham na otimização deste processo de produção e têm como objetivo alcançar a marca de 280 litros por tonelada de bagaço no mesmo equipamento. Como resultado desta pesquisa, a Petrobras já fez o depósito de dois pedidos de patentes (BR 0605017-4 e BR 0505299-8) junto ao INPI.

A planta-piloto de bioetanol de lignocelulose coloca a Petrobras na posição de vanguarda em relação aos biocombustíveis de segunda geração, aqueles produzidos a partir de resíduos agroindustriais e que não competem com a produção agrícola voltada para alimentos. A utilização de resíduos como o bagaço de cana-de-açúcar pode aumentar substancialmente a produção de etanol sem aumentar a área plantada, elevando a produtividade do processo já existente pelo aproveitamento de seus resíduos.

Desta forma, a produção de biocombustíveis, em futuro próximo, também poderá ser complementar à produção de alimentos. A Petrobras prevê que em 2010 será construída uma planta semi-industrial de bioetanol. A Figura 6 apresenta uma ilustração da rota tecnológica adotada pela petrobras para produção do bioetanol lignocelulósico.

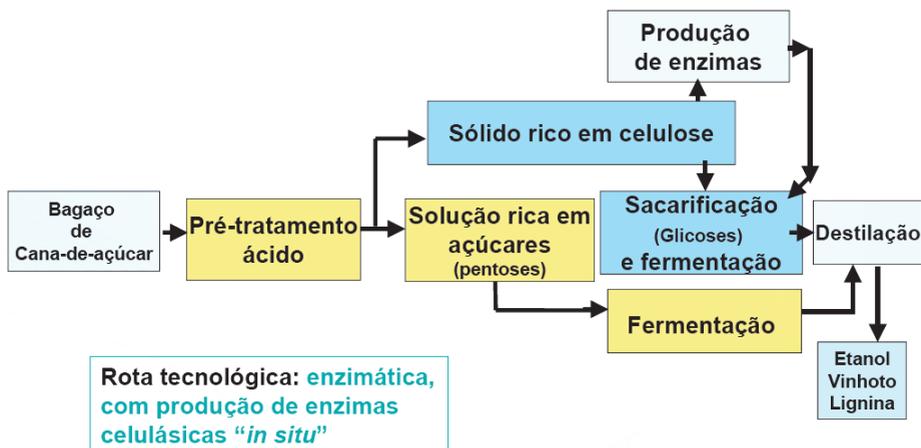


Figura 6: Rota Tecnológica adotada pela Petrobras para produção do bioetanol lignocelulósico (BARATELLI JR, 2007)

O processo de fabricação de etanol a partir de resíduos vegetais é dividido em quatro etapas. Na primeira etapa, há o pré-tratamento do bagaço de cana sendo adotado o processo de hidrólise ácida branda, onde no reator o resíduo é submetido à quebra da estrutura cristalina da fibra do bagaço de cana e a recuperação de açúcares mais fáceis de hidrolisar.

Em seguida, vem a etapa de deslignificação do sólido rico em celulose. É retirada a lignina, complexo que dá resistência a fibra e protege a celulose da ação de microorganismos, porém apresenta grande inibição ao processo fermentativo.

Na terceira fase, o líquido proveniente do pré-tratamento ácido, rico em açúcares, é fermentado pela levedura *Pichia stipitis* adaptada para ser utilizada nesta fermentação.

O sólido proveniente da etapa de deslignificação rico em celulose também é tratado: ele passa por um processo de sacarificação (transformação em açúcares) por meio de enzimas e é fermentado pela levedura *Sacharomyces cerevisiae*, o mesmo fungo utilizado na fabricação de pães. A Petrobras ainda estuda as enzimas mais eficazes para este processo de fabricação, testando enzimas disponíveis no mercado e pesquisando novos preparados enzimáticos.

Na etapa final, ambos os líquidos provenientes das diferentes fermentações são destilados. O produto desta destilação é o etanol, que possui as mesmas características daquele fabricado a partir da cana em processo industrial.

Cabe destacar que a ação do governo brasileiro não fica restrita a sua participação na Petrobras, considerando a importância que o tema energias renováveis possui na política nacional. O governo do Brasil investe ainda recursos em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P,D & I) conforme pode ser visto na Tabela 5.

Tabela 5: Investimentos do governo brasileiro em P,D&I no aproveitamento de biomassas desde 2005 (PEREIRA JR, 2008)

Instituição	Valor (Milhões R\$)	Observações
<i>Governo Federal</i>		
SIBRATEC	45,00	Formação de redes temáticas para o desenvolvimento de tecnologias inovadoras, incluindo energia renovável
CNPq/MCT	41,80	Específico para biomassa/bioenergias
	157,80	Geral, incluindo biomassa
FINEP	450,00	Apoiar o desenvolvimento de produtos, serviços e processos inovadores em empresas brasileiras através de subvenção econômica, incluindo biocombustíveis
<i>Fundações Estaduais</i>		
FAPESP	148,00	Projetos específicos para biomassas e biocombustíveis
FAPEMIG	10,95	Biomassas; agroenergia
TOTAL	R\$ 855 milhões	

Conclusões

O tema energias renováveis está presente na agenda nacional de todas as nações ao redor do globo, como uma alternativa viável em substituição às fontes de energias fósseis como petróleo e carvão. Especialistas acreditam que o processamento da biomassa como fonte de energia, combustíveis e produtos químicos possa se constituir em uma indústria-chave neste século, criando assim um novo paradigma industrial. Novas tecnologias baseadas no uso de toda a planta e na integração de processos tradicionais e novos deverão ser necessários.

O Brasil encontra-se entre os países-alvo para o desenvolvimento de tais tecnologias devido a sua grande biodiversidade existente e aos conhecimentos adquiridos ao longo das últimas décadas, em especial devido a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar.

Neste contexto de inovação, uma nova oportunidade de aproveitamento de biomassa se vislumbra no país: o uso da biomassa lignocelulósica proveniente dos resíduos agrícolas, em especial da indústria da cana, para produção de etanol de 2ª geração dentro do contexto das biorrefinarias explorado neste artigo.

Foi observado que iniciativas governamentais estão sendo tomadas de modo a estabelecer um ambiente adequado para o desenvolvimento de novos produtos e processos. No entanto, desafios de natureza tecnológica e comercial precisam ser vencidos para fazer com que o Brasil mantenha sua posição de destaque no agronegócio mundial e produza produtos de maior valor agregado, contribuindo assim para o desenvolvimento da bio-economia e aproveitando esta janela de oportunidade de aumentar seu crescimento econômico de modo sustentável.

Referências

- Annevelink, B.; Ree, R. V. (2007) *Status Report Biorefinery 2007*. Wageningen: Agrotechnology and Food Sciences Group.
- Baratelli Jr, F. (2007). *Biocombustíveis – Iniciativas e desenvolvimento tecnológico na Petrobras*. In: Conferência Nacional de Bioenergia 27/09/2007.
- Bastos, V.D. (2007) Etanol, Alcooquímica e Biorrefinarias. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 25, p. 5-38.
- BNDES & CGEE. (2008) *Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro: BNDES.
- Buckeridge, M.S.; Santos, W.D.; Souza, A.P. (2010) As rotas para o etanol celulósico no Brasil. In: Cortez, L.A.B. (coordenador) *Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade*. São Paulo: Blucher.
- CGEE (2010). *Química Verde no Brasil: 2010-2030*. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos.

Cortez, L.A.B. (2010). *Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade*. São Paulo: Blucher.

Coutinho, P.L.A.; Bomtempo, J.V. (2010) Uso de roadmaps tecnológicos para favorecer o ambiente de inovação: uma proposta em matérias primas renováveis. In: *SIM-POI*, 2010.

Fernando S., Adhikari S., Chandrapal C., Murali N., (2006). Biorefineries: Current Status, Challenges and a Future Direction. *Energy & Fuels*, 20, 1727-1737.

Kamm, B.; Gruber, P.R.; Kamm, M. (2006). *Biorefineries – Industrial Processes and Products*. Wiley-VCH, ISBN: 3-527-31027-4, Weinheim, Germany.

Pereira JR, N. (2006) *Biotecnologia de materiais lignocelulósicos para a produção química*. EQ/UFRJ, Prêmio Abiquim de Tecnologia 2006.

Pereira JR, N., Couto, M. A. P. G., Santa Anna L. M. M., (2008). *Biomass of Lignocelulosic Composition for fuel ethanol production within the context of biorefinery*. Rio de Janeiro: Escola de Química/UFRJ, 2008.

Petrobras (2011). Energia e Tecnologia. <http://www.petrobras.com.br>. [Accessed February 07, 2011].

Ramos, L.P. (2000). *Aproveitamento integral de resíduos agrícolas e agroindustriais*. In: Seminário nacional sobre reuso/reciclagem de resíduos sólidos industriais. São Paulo: Cetesb.

Ensaio:

Gripe americana e resfriado no Brasil?

Nos fizeram acreditar que um resfriado americano representa certamente uma gripe ou pneumonia por aqui, ou seja, as crises nos EUA têm resultados imediatos e mais radicais aqui do que lá. Nessa época de gripe americana, é útil discutir a veracidade histórica dessa afirmação porque o simples fato de se acreditar nela já provoca efeitos negativos em nossa economia.

Celso Furtado, ao contrário da crença corrente, assinalava que as crises na economia americana foram sentidas aqui no curto prazo, mas, de modo geral, acabaram sendo benéficas para a economia brasileira no médio prazo. Ele mostrou, em seu livro “O Capitalismo Global”, que a crise de 1929 e 1930 nos EUA produziam, já em 1932, um notável ressurgimento interno baseado no mercado nacional.

A tentativa de encontrar uma correlação entre as taxas de crescimento americanas e as brasileiras no período 1930 a 2010 (Figura 1) não conduz a um resultado convincente. A situação não muda introduzindo uma defasagem de um ou dois anos da variação do PIB no Brasil em relação à americana.

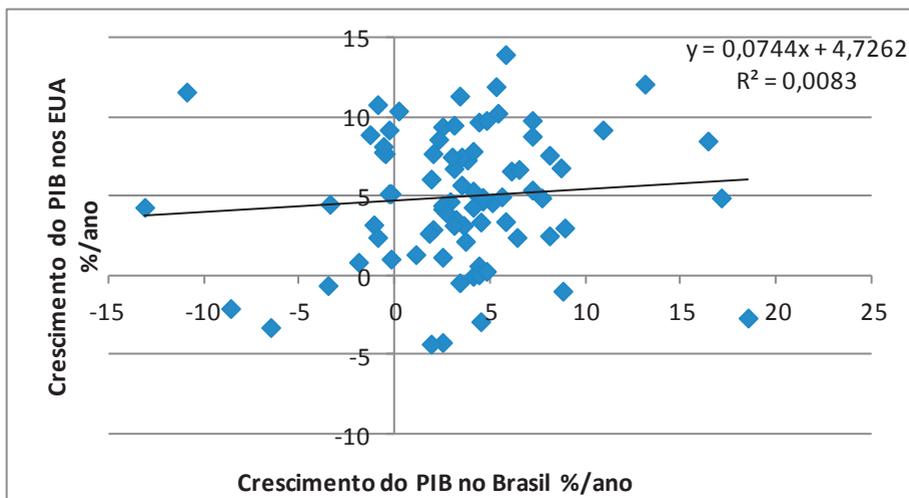


Figura 1: A correlação entre crescimento no Brasil e nos EUA parece ser pouco significativa no período 1930 a 2010. Dados Ipeadata.gov.br.

É possível separar, ao longo desses oitenta anos, períodos em que os altos e baixos da taxa de crescimento econômico dos EUA e do Brasil estão na mesma fase do ciclo e outros em que o que aconteceu nos dois países tem sinal inverso. Em uma análise preliminar (Figura 2), pode-se dizer que os períodos em que estiveram em fase inversa superam os que estiveram na mesma fase.

Pode-se verificar que, no período a que aludia Celso Furtado (crise de trinta), as economias dos dois países parecem em mesma fase. Nota-se, no entanto, que a retomada do crescimento no Brasil precedeu à americana como dissera Celso Furtado que, ademais, se referia também a mudanças qualitativas, mais de desenvolvimento que de crescimento, que vieram com a maior atenção no País ao consumo interno. Em um segundo período, que vai da Segunda Guerra Mundial até 1970, as economias de Brasil e EUA estiveram em fase inversa.

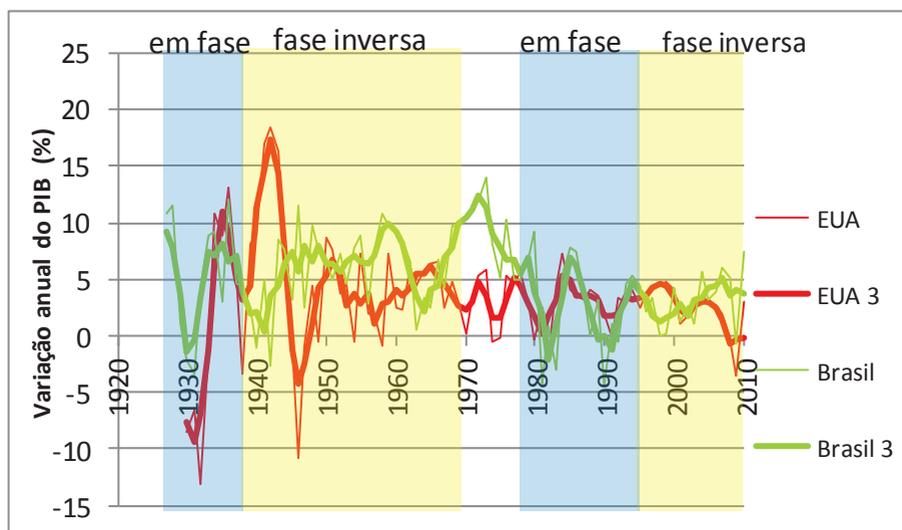


Figura 2: Variação do PIB dos EUA e Brasil, valores anuais e média móvel de três anos: em azul, estão assinalados os períodos em que as economias parecem estar na mesma fase (variações no mesmo sentido) e, em amarelo, os períodos em fase inversa (variações em sentido contrário).
Elaboração própria

Em uma terceira fase, de 1987 a 1995, a teoria do resfriado americano funcionou nas crises das mudanças para as décadas de oitenta e noventa (repercussões simultâneas e maiores em nossa economia) e na retomada do meio da década de oitenta. Cabe lembrar que os episódios dessas crises marcaram a alta de juros e falência mexicana (1982) e crises de hiperinflação em países como a Argentina, que estavam muito mais próximos de nossa realidade.

Nos últimos quinze anos estivemos em fase inversa com os EUA: em 1998 eles estavam no auge da era Clinton e o Brasil passando por um fosso em sua taxa de crescimento anual. Depois, começaram a experimentar queda no seu crescimento enquanto a economia brasileira tinha as taxas de crescimento em elevação.

Na Figura 3, buscou-se a correlação linear entre as variações do PIB, nos períodos assinalados na Figura 2, e os resultados confirmam a avalia-

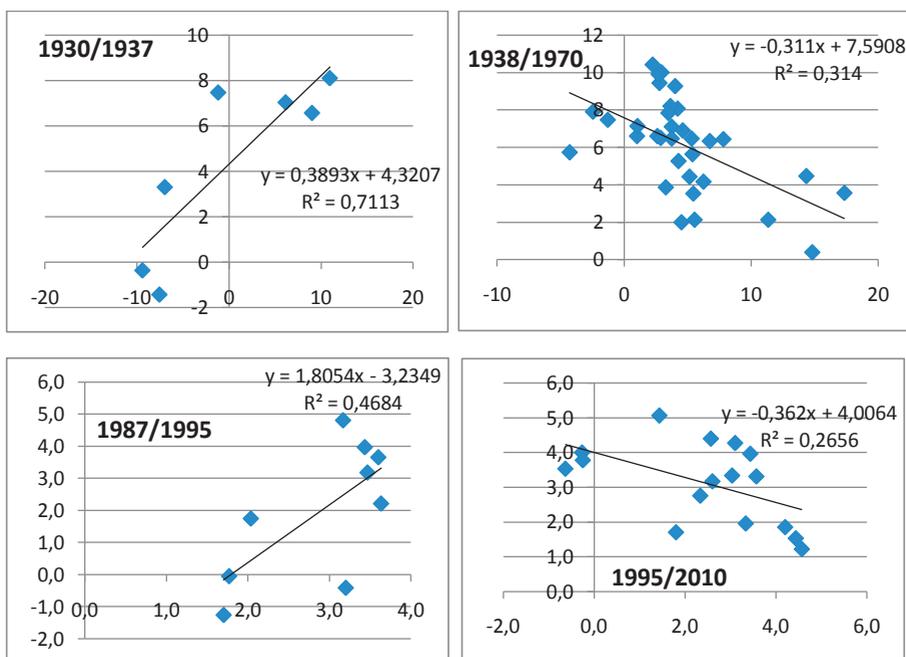


Figura 3: Comportamento dos crescimentos dos PIB americano (na vertical) e brasileiro (na horizontal) para os intervalos de tempo assinalados na figura anterior.

ção qualitativa. Ou seja, nos períodos em fase existe uma correlação positiva entre os crescimentos americano e brasileiro, nos períodos assinalados com amarelo, a relação é negativa.

A mudança de intensidade e sentido da correlação nos faz pensar que a possível dependência entre o crescimento brasileiro e o americano não é direta; é muito mais complexa e, para fazer sentido, deve ser estudada por períodos históricos. O que se conclui é que a “teoria do resfriado” não explica o passado mesmo quando ainda éramos muito mais dependentes dos EUA.

No final de 2008 configurou-se uma crise nos EUA que teve reflexo no ano seguinte no Brasil, que registrou uma queda no PIB de 0,6%. O consumo, no entanto, cresceu no ano 2,4%. Em 2010, o “pibão” de 7,5% fez com que, no seu conjunto, os anos de 2009 e 2010 possam ser considerados como anos normais. O consumo cresceu, na média, 4,5%, mais que na média do período Lula (4,0%). Já o PIB cresceu 3,3%, um pouco abaixo da média, também de 4,0% ao ano, do governo passado. Os dados vêm das Contas Nacionais Trimestrais do IBGE. A defasagem entre o crescimento da produção e do consumo foi praticamente coberta com importações e menor investimento. Ou seja, a queda do PIB em 2009 se deveu, a nosso ver, a uma redução exagerada da oferta pelo setor produtivo em virtude de uma leitura equivocada do efeito da crise americana sobre a economia brasileira.

O crescimento nos dois anos pós-crise nos EUA foi normal, passou a primeira “marola”. E agora? Entraremos na mesma fase de ciclo dos EUA?

Apoio:

e e e n

ECEN - Consultoria Ltda.



Revista - Economia e Energia e.e.e Economy and Energy
Editor Chefe: Carlos Feu Alvim [feu@ecen.com]

Organização **Economia e Energia - e.e.e - OSCIP**
Diretora Superintendente: Frida Eidelman [frida@ecen.com]

Apoio:



**Ministério da
Ciência e Tecnologia**



Remetente:

Revista - Economia e Energia

Rio: Av. Rio Branco, 123 Sala 1308 - Centro

CEP - 20040-005 Rio de Janeiro - RJ