



# Capítulo 8

## Perspectivas para um mercado mundial de biocombustíveis

*Diversos países têm mostrado interesse no desenvolvimento da produção e no uso de bioetanol. Além de procurar cobrir suas próprias necessidades energéticas, em muitos casos busca-se constituir um mercado mundial para esse biocombustível, que aproxime países em condições de produzi-lo sustentavelmente do mercado de países potencialmente importadores, com vantagens para ambos. Na atualidade, tal mercado ainda é incipiente, mas as demandas crescentes por um combustível renovável e ambientalmente adequado, associadas ao potencial que o bioetanol de cana-de-açúcar apresenta para atender a critérios objetivos de sustentabilidade, sinalizam a existência de perspectivas interessantes. O presente capítulo apresenta os condicionantes para que o bioetanol seja um produto global, tomando por base sua demanda e oferta presentes e futuras, bem como as políticas e tendências relacionadas à sua produção e à sua comercialização.*

*Embora essa discussão seja usualmente centrada no bioetanol, será analisado aqui o contexto geral dos biocombustíveis, incluindo alguma informação sobre o biodiesel. Inicialmente, apresenta-se uma estimativa do potencial para a produção bioenergética, seguida de uma revisão dos dados atuais e prospectivos para a oferta e a demanda de bioetanol e do quadro de políticas e estratégias voltadas para a produção e o uso de biocombustíveis, temas fundamentais para que os mencionados potenciais e as expectativas de mercados se desenvolvam. Neste capítulo, analisam-se ainda as inter-relações entre a segurança alimentar e a produção de biocombustíveis e são comentados os fatores de indução para um mercado global do bioetanol, relacionados com os desafios ambientais e o reforço do comércio internacional de produtos agrícolas.*



## 8.1 Potencial global para produção de biocombustíveis

Diversos estudos têm sido conduzidos para lançar luz sobre um dos principais temas que regem o futuro dos biocombustíveis e do bioetanol em particular. Em que quantidade e onde poderiam ser disponibilizados? Não é uma pergunta simples de responder, já que o potencial de oferta dos biocombustíveis não é um número absoluto e estático, como uma reserva mineral, mas uma estimativa dinâmica, que depende de cenários geográficos, econômicos e políticos que se alteram, assim como de tecnologias de produção e conversão, muitas delas ainda em desenvolvimento. Por exemplo, caso se viabilizem as propostas de produção de biodiesel de algas marinhas, como estimar seu potencial de produção?

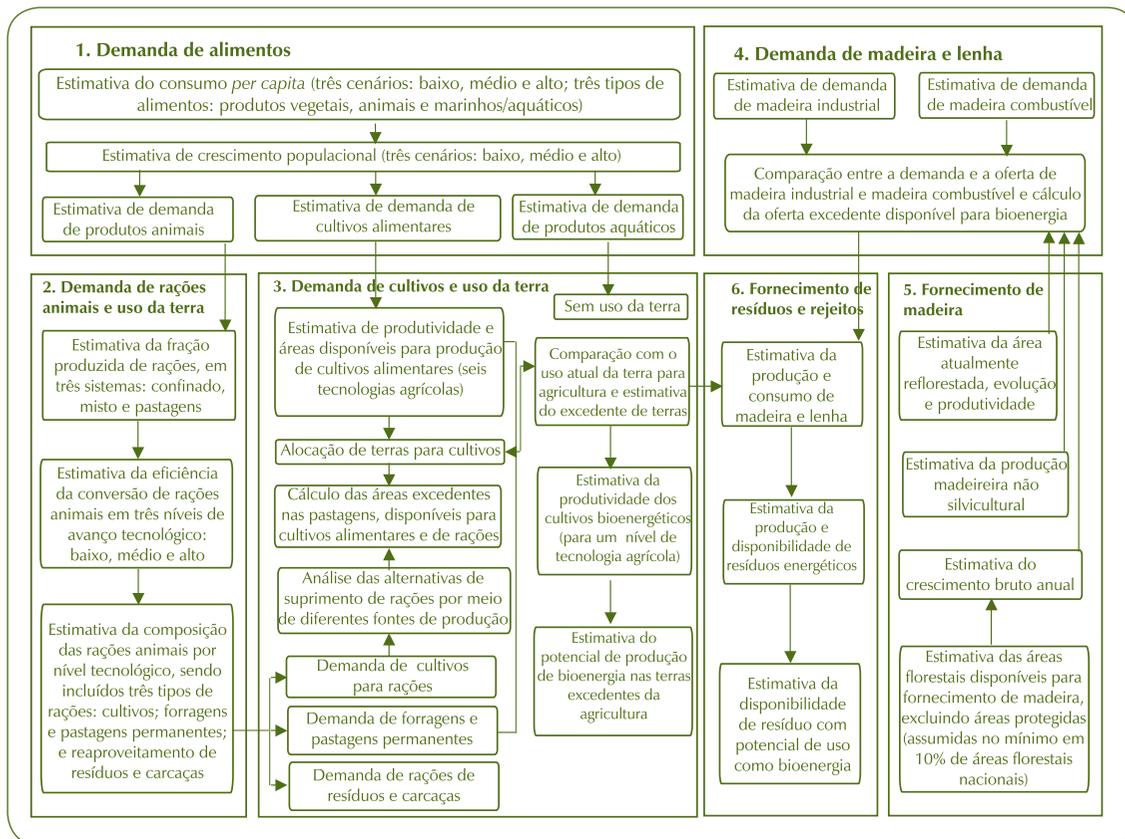
Além disso, a base de recursos naturais dedicada aos cultivos energéticos, como terras e água, é necessariamente limitada e também deve ser compartilhada com a produção de alimentos para pessoas e animais, insumos industriais (fibras têxteis, madeira para celulose e outros fins etc.), proteção à natureza, entre uma variedade de outros usos. Em particular, amplia a complexidade dessa temática sua relação próxima com a oferta de alimentos, o que torna relevante conhecer o potencial sustentável da produção, da conversão e do uso de biocombustíveis frente às preocupações com a segurança alimentar.

Desse modo, estabelecer os limites e as fronteiras para a produção de biocombustíveis e, sobretudo, considerar critérios de sustentabilidade são tarefas complexas. Para enfrentá-las, como veremos mais adiante neste capítulo, têm sido desenvolvidos modelos analíticos e computacionais capazes de modelar e simular os impactos dessa relação, destinados a avaliar políticas e dar suporte aos tomadores de decisão na formatação de programas bioenergéticos. Uma visão da ampla rede de relações a ser considerada entre as demandas agrícolas e florestais e as bioenergias, conforme modelagem sugerida pela FAO, é apresentada na Figura 30.

Estudos preliminares sobre a disponibilidade de biomassa [Berndes et al. (2003)] concluíram que a possível contribuição da biomassa para o futuro da oferta global de energia poderá variar de cerca de 100 EJ/ano a 400 EJ/ano em 2050, o que significa 21% a 85% do atual consumo total de energia no planeta, estimado em 470 EJ. As interações entre o setor bioenergético em expansão e outros usos da terra, como para a produção de alimentos, proteção à biodiversidade, conservação do solo e da natureza e seqüestro de carbono, foram avaliadas recentemente em alguns estudos.

Em um dos trabalhos mais conhecidos, utiliza-se uma abordagem *bottom-up* para processar informações sobre uso da terra, sistemas de produção agrícola, projeções de demanda de alimentos e informações sobre possíveis avanços em gestão agrícola (tanto para cultivos como para produção de carne e laticínios) [Smeets et al. (2006)]. Considerando o uso da biomassa para energia em três categorias – plantações energéticas em terras cultiváveis, produção de biomassa em terras marginais e resíduos de agricultura e silvicultura, esterco e outros resíduos orgânicos [Junginger et al. (2007)] – e com base na abordagem descrita na Figura 30, estima-se que, globalmente, essas categorias podem suprir 200 EJ, 100 EJ e 100 EJ, respectivamente, o que corresponderia ao limite superior apontado anteriormente, de 400 EJ.

**Figura 30 – Visão geral dos principais elementos usados na metodologia de avaliação do potencial bioenergético**



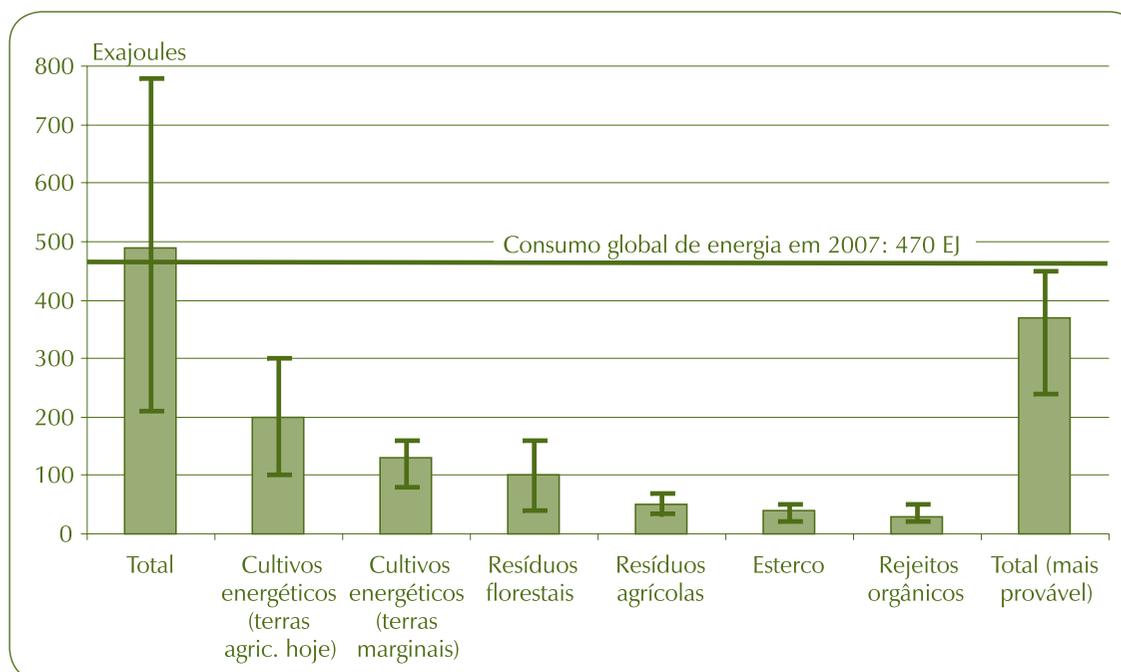
Fonte: Smeets et al. (2006).

Não é trivial determinar um valor que represente o potencial global de produção de bio-combustíveis. Confirmando essa constatação, o Gráfico 36 apresenta as faixas de variação de oferta de biomassa para fins energéticos resultantes de diversas abordagens e métodos, apresentando para o potencial total global uma variação entre 205 EJ e 790 EJ [Juergens (2007)]. Nessa figura, apresenta-se também a demanda global de energia estimada para 2007. A principal razão para as variações observadas entre os limites superiores e inferiores é a elevada incerteza nos dois parâmetros mais críticos para as avaliações de potencial: disponibilidade de terras e níveis de produtividade. Além disso, as expectativas de oferta futura de biomassa proveniente de florestas e resíduos agrícolas e da silvicultura variam significativamente entre os estudos, como se detalha a seguir.

A Tabela 35 exhibe uma avaliação do potencial técnico dos biocombustíveis, com base em quatro sistemas de produção agrícola hipotéticos, considerando, essencialmente, cultivos energéticos e resíduos agrícolas e silviculturais. Não foram considerados nesse levantamento

o sebo e outros subprodutos gordurosos com potencial bioenergético. Como uma restrição importante, em todos os cenários não se permite que ocorra escassez de alimentos. Com relação à demanda alimentar, os modelos desses estudos usaram como referência básica os dados nacionais publicados no Balanço Alimentar da FAOSTAT (Food Balance Sheets – FBS) [FAO (2003)].

**Gráfico 36 – Potencial bioenergético por tipo de biomassa**



Fonte: Juergens (2007).

Na Tabela 35, os cenários considerados para os sistemas produtivos de 1 a 3 têm em comum o fato de serem baseados em hipóteses de crescimento médio da população humana global entre 1998 e 2050 (de 5,9 bilhões para 8,8 bilhões de pessoas) e uma evolução do consumo *per capita* de alimentos médio (de 2,8 Mcal a 3,2 Mcal por pessoa ao dia), com perspectivas de estabelecimento de vastas plantações (de 123 milhões a 284 milhões de ha) e alto nível tecnológico para a produção de cultivos energéticos. Assumindo os mesmos cenários de demanda, o cenário 4 incorpora a hipótese de que os esforços em pesquisa e desenvolvimento poderiam aumentar as safras para além do patamar tecnológico utilizado no cenário 3, resultando safras 25% maiores em razão dos avanços tecnológicos. O sistema de produção agrícola é que determina os requerimentos de área para cultivo de alimentos, incluindo os requerimentos para alimentação animal e, conseqüentemente, o volume de resíduos de colheita a ser gerado. Assim, o cenário 3 se baseia em um sistema de criação de animais sem a utilização de pastagens, no qual toda a alimentação animal provém de cultivos

e resíduos agrícolas. Os cenários 1 e 2 baseiam-se em um sistema de produção mista, no qual uma grande parte da alimentação animal provém de pastagens. A produção de resíduos de colheitas a partir de cultivos de alimentos humanos e para animais é, conseqüentemente, o ponto alto no sistema 3. As pequenas diferenças entre a produção de resíduos nos sistema 1 e 2 são causadas pelas diferenças na alocação de produção dos cultivos. O sistema de produção também determina o nível de avanço da tecnologia agrícola e influencia a fração gerada de resíduos de colheitas.

**Tabela 35 – Potencial total técnico de produção de bioenergia para diversas regiões e cenários produtivos em 2050 (EJ por ano)**

Região	Cenário produtivo			
	1	2	3	4
América Latina e Caribe	89	162	234	281
América do Norte	39	75	168	204
África Subsaariana	49	117	282	347
Norte da África e Oriente Médio	2	2	31	39
Europa Ocidental	13	19	25	30
Europa do Leste	5	13	24	29
Comunidade de Estados Independentes (CEI) e países bálticos	83	111	223	269
Índia e Sul Asiático	23	26	31	37
Ásia Oriental	22	28	158	194
Japão	2	2	2	2
Oceania	40	55	93	114
Total	367	610	1.273	1.548

Fonte: Smeets et al. (2006).

Esse estudo permitiu constatar que o maior potencial para a produção de cultivos energéticos encontra-se na África Subsaariana e na região da América Latina e Caribe, que alcançam, no cenário produtivo 4, produções anuais de 317 EJ e 281 EJ, respectivamente. As duas regiões possuem áreas agrícolas não utilizadas e ecologicamente adequadas para a produção de cultivos energéticos, em particular a cana-de-açúcar. A Ásia Oriental também tem um potencial considerável para a produção de cultivos, de 147 EJ anuais no cenário produtivo 4. Entre os países industrializados, a região da Comunidade dos Estados Independentes e das nações bálticas, a América do Norte e a Oceania apresentam os potenciais mais significativos. Regiões áridas, com terras de menor produtividade ou limitações de área, como Japão, Sul Asiático e Norte da África e Oriente Médio, têm potencial zero ou muito reduzido. O impacto da tecnologia adotada para a produção animal sobre as disponibilidades de área agrícola para o desenvolvimento dos biocombustíveis é bastante relevante para a América Latina, como evidenciado nos cenários produtivos avaliados, já que produtos como carne, leite e ovos são muito mais intensivos em relação ao uso da terra por unidade de produto do que a produção agrícola [FAO (2003)].

Os resultados desse estudo são bastante otimistas no que diz respeito ao impacto da produção bioenergética sobre a produção de alimentos. Uma conclusão importante é que, sem afetar a produção alimentar até 2050, nos cenários produtivos 1 a 4, o potencial global total de bioenergia produzida anualmente, estimado para esse ano, corresponde, respectivamente, a 78%, 129%, 270% e 329% da demanda energética observada em 2005. A maior parte desse potencial é gerada por cultivos energéticos especializados, desenvolvidos em terras agricultáveis excedentes, que não seriam mais necessárias para produção de alimentos. Reitere-se que a disponibilidade de terras agricultáveis excedentes entre os vários sistemas depende principalmente da eficiência com que os alimentos de origem animal são produzidos. Nesses potenciais, os resíduos, inclusive o lixo urbano, são responsáveis por 76 EJ a 96 EJ por ano. Os autores citam outras estimativas publicadas na literatura científica [Hoogwijk et al. (2003) e Wolf et al. (2003)], que confirmam os resultados alcançados.

Um pré-requisito para atingir os níveis de produção de cultivos energéticos estimados nos parágrafos anteriores é a introdução de sistemas avançados de produção agrícola, com maior utilização de insumos, como fertilizantes e agroquímicos, e sobretudo a otimização das safras. Note-se que, como resultado desses avanços, entre 15% e 72% da área agrícola em uso poderia ser disponibilizada para a produção de cultivos energéticos nos sistemas 1 e 4, respectivamente.

A Tabela 36 mostra o potencial global de produção de bioenergia, indicando as condições gerais para alcançar tais níveis de produção. Nessa tabela, para cada contexto produtivo, são fornecidas duas faixas de variação para o potencial bioenergético: a) sob hipóteses pessimistas, com limitado acesso a terras de cultivo; e b) sob pressupostos otimistas, considerando uma alta demanda de bioenergia. Um limite inferior igual a zero significa que o potencial disponível pode ser nulo, caso não se consiga modernizar a agricultura, impondo maior demanda de terras para alimentar a humanidade.

Para o caso particular dos biomateriais, o potencial bioenergético associado poderia até mesmo ser negativo, pois uma alta demanda de biomassa para a fabricação de produtos como bioplásticos ou materiais de construção pode reduzir a disponibilidade de biomassa para produção de energia. Entretanto, quanto mais forem utilizados biomateriais, mais subprodutos e lixo orgânico serão disponibilizados ao final do ciclo de vida desses produtos, que podem ser utilizados para a produção de energia. Tal utilização de biomassa resultará em benefício “duplo” em relação aos gases de efeito estufa, evitando emissões na fabricação de materiais com uso de combustíveis fósseis e por meio da produção de energia. A oferta anual de energia provida de biomateriais que terminam como lixo pode variar entre 0 EJ e 50 EJ. Essa faixa de variação exclui o efeito cascata (usos sucessivos) e não leva em conta o retardo de tempo entre produção do material e sua utilização final como combustível [Faaij e Domac (2006)].

**Tabela 36 – Potencial de diversas matérias-primas e sistemas produtivos para bioenergia**

Contexto de produção de bioenergia	Principais hipóteses e observações	Oferta potencial bioenergética até 2050 (E)/ano)	
		Pessimista	Otimista
Produção de energia em terras agricultáveis hoje	Área requerida – pessimista: 0 Gha a 4 Gha; otimista: 1 Gha a 2 Gha. Uma produção bioenergética elevada exige a adaptação estrutural dos sistemas de produção agrícola. Foi assumida uma produtividade anual de 8 t a 12 t de biomassa seca/ha, com expectativas de maior produtividade em solos mais férteis.	0 a 700	100 a 300
Produção de biomassa em terras marginais	Em escala global, a área máxima a ser utilizada seria de 1,7 Gha, com baixa produtividade, 2 t a 5 t de biomassa seca/ha.ano (38 GJ/ha.ano a 95 GJ/ha.ano). A oferta pode ser limitada pelo fraco desempenho econômico ou pela competição com produção de alimentos .	0 a 150	60 a 150
Biomateriais	Área de cultivo necessária para atender à demanda global de biomateriais: 0,2 Gha a 0,8 Gha (produtividade média: 5 t de biomassa seca/ha.ano). Se as terras marginais e a silvicultura forem capazes de atender a essa demanda, a demanda de terras agricultáveis será nula.	0 a 150	40 a 150
Resíduos agrícolas	Estimativas tomadas de vários estudos. O potencial depende de índices de produção e do tipo de sistema de produção: os sistemas intensivos permitem maior utilização de resíduos do que os extensivos.	15 a 70	
Resíduos florestais	O potencial bioenergético sustentável das florestas do mundo é pouco conhecido. O valor superior é atribuído ao potencial técnico, que inclui os resíduos de processamento.	0 a 150	30 a 150
Esterco	Utilização de esterco seco. Estimativa inferior baseada na utilização atual e estimativa superior baseada no potencial técnico. A utilização no longo prazo é incerta.	0 a 55	5 a 55
Lixo orgânico	Estimativa baseada em dados da literatura. Depende fortemente do desenvolvimento econômico, do consumo e do uso de biomateriais. Os números incluem a fração orgânica do lixo urbano e restos de madeira. Valores maiores são possíveis com o uso mais intensivo de biomateriais.	5 a 50	
Total	No cenário mais pessimista, não há disponibilidade de terras para a produção de energia, apenas resíduos são considerados. No cenário mais otimista, a agricultura intensiva utiliza solos de alta qualidade.	40 a 1.100	250 a 500

Fonte: Faaij e Domac (2006).

Em relação ao uso da terra e seu impacto na disponibilidade de terras para agricultura, um relatório da Agência Internacional de Energia [IEA Bioenergy (2007)] aponta como realista a expectativa de que a atual contribuição da bioenergia de 40 EJ a 55 EJ por ano aumentará consideravelmente, sendo esperado ainda neste século um aporte anual entre 200 EJ e 400 EJ. Com base em dados geralmente aceitos, esse relatório observa que um terço dessa energia poderia ser suprido por resíduos e lixo, um quarto pela regeneração de terras degradadas ou marginais e o restante por terras agricultáveis e pastagens atuais. Disso, conclui-se que quase um bilhão de hectares no mundo podem ser utilizados na produção de biomassa para fins energéticos, incluindo 400 milhões de hectares de terras aráveis e pastagens e uma área maior de terras marginais e degradadas, o que significa em torno de 7% da superfície terrestre e menos de 20% da terra atualmente em uso para produção agrícola.

Outros relatórios [Best et al. (2008)] apontam que, dos 13,2 bilhões de hectares da área total de terras globais, 1,5 bilhão de hectares são usados para fins agrícolas e 3,5 bilhões de hectares são usados para pecuária de corte, laticínios e produção de lã. Os cultivos usados atualmente para o fim específico de produção de biocombustíveis, como resultado da escolha de agricultores, utilizam apenas 0,025 bilhão de hectares. No Brasil, por exemplo, mais da metade da demanda total de gasolina é suprida pelo etanol produzido em 1% dos 320 milhões de hectares de terras aráveis e pastagens, nenhuma delas na floresta amazônica.

É interessante observar que, além da produção de biocombustíveis, os cultivos utilizados na produção de energia também fornecem subprodutos como forragem animal, fertilizantes e bioeletricidade, em volumes significativos. Nesse sentido, nos capítulos anteriores apresentou-se a diversidade de co-produtos da cana-de-açúcar, simultâneos ao bioetanol, nas condições atuais e prospectivas.

Para concluir, pode-se afirmar que, embora as metodologias e ferramentas para a avaliação detalhada do potencial global para produção sustentável de biocombustíveis estejam ainda em desenvolvimento e como os dados sobre disponibilidade de biomassa para fins energéticos não estão disponíveis em muitos países, existe, em escala global, um grande e inexplorado potencial bioenergético, com relevantes conclusões preliminares: a) o potencial de oferta da bioenergia depende fortemente dos padrões de produção de alimentos, em particular do comprometimento de áreas com a criação de animais; b) algumas regiões demonstram clara vantagem comparativa; e c) o potencial total disponível é, sob pressupostos otimistas, da mesma magnitude da demanda energética global. O tópico a seguir procura apresentar como esse potencial vem sendo explorado.

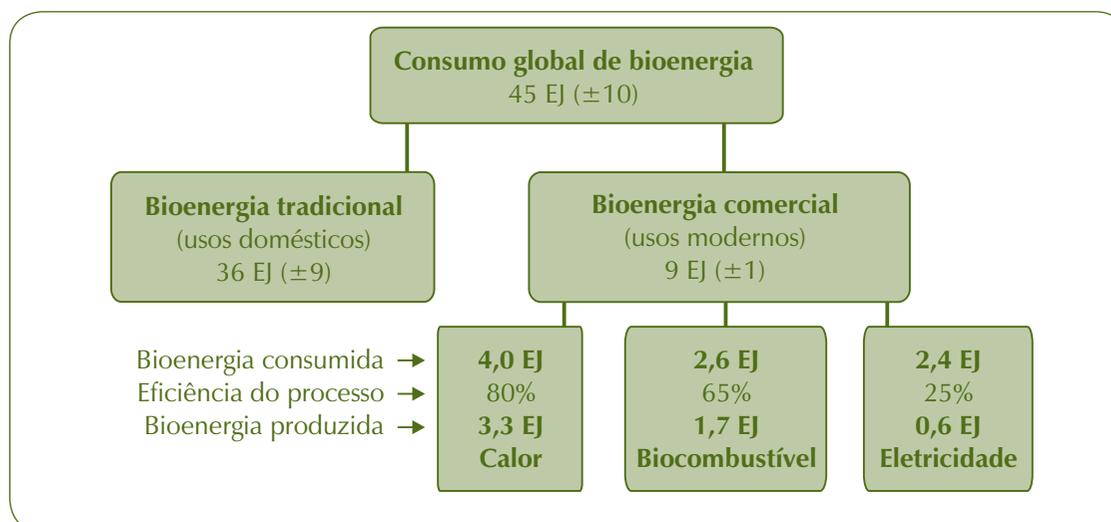
## 8.2 Oferta e demanda de biocombustíveis: quadro atual

Efetivamente, os biocombustíveis podem ter um papel essencial no atendimento da demanda global de energia. A maioria dos países possui algum nível de recursos potenciais de bioe-

nergia, o que a torna uma das mais difundidas alternativas de oferta energética na atualidade, correspondendo à única fonte renovável de energia que, seja como biocombustíveis sólidos, líquidos ou gasosos, pode ser usada para atender a uma ampla gama de aplicações: produção de eletricidade, fornecimento de calor em indústrias e residências e abastecimento de veículos automotores. A seguir, apresentam-se dados para a atual contribuição dos biocombustíveis à matriz energética mundial, considerando os principais mercados, e as condições particulares de oferta para o bioetanol.

Em escala global, a Figura 31 mostra a contribuição da biomassa à oferta primária e secundária (após as conversões em outras formas energéticas) em 2007. Como fonte de calor, destacam-se a lenha e o bagaço de cana; entre os biocombustíveis líquidos, incluem-se o bioetanol e o biodiesel; e para geração de eletricidade, são utilizados a lenha (inclusive como lixívia celulósica nas fábricas de papel e celulose) e o bagaço de cana, considerando também os sistemas de co-geração, em que o calor rejeitado nos sistemas termelétricos é usado em algum processo térmico, com sensível economia energética.

**Figura 31 – Contribuição de bioenergia à oferta primária e secundária de energia em 2007**



Fonte: Best et al. (2008).

Os biocombustíveis líquidos, especialmente o etanol produzido da cana-de-açúcar e de excedentes de milho e outros cereais e, em escala bem menor, o biodiesel produzido de grãos e palmáceas representam, modestamente, 1,7 EJ (em torno de 1,5%) do uso de combustíveis para transporte no mundo. O interesse global nesses biocombustíveis, que podem ser utilizados como fonte energética para transporte, é crescente na Europa, no Brasil, na América do Norte e na Ásia (notadamente, Japão, China e Índia) [IEA (2004)]. A produção global de eta-

nol mais do que duplicou desde 2000, enquanto a produção de biodiesel, partindo de uma base bem menor, se expandiu quase três vezes nesse período. Por outro lado, a produção de petróleo cresceu apenas 7% desde 2000 e, possivelmente, deverá atingir seu ápice de produção em alguns anos, segundo diversos analistas. Realmente, frente a esse quadro de relativa estagnação na produção petroleira, os biocombustíveis mostraram uma expansão vigorosa: em 2007, a produção de etanol e de biodiesel ficou 43% acima da produção observada em 2005. Nesses níveis, a produção de etanol em 2007 representou em torno de 4% dos 1.300 bilhões de litros de gasolina consumidos anualmente em todo o mundo [REN21 (2008)].

É interessante notar que, em 2006, os biocombustíveis líquidos foram responsáveis por pouco mais de 1% da energia mundial renovável e pouco menos de 1% da oferta anual de petróleo bruto, avaliada em 4.800 bilhões de litros (aproximadamente 83 milhões de barris por dia). Esse cenário está mudando muito rapidamente na maioria dos grandes países consumidores de energia, que estão adotando políticas visando uma utilização muito maior de biocombustíveis na próxima década [ESMAP (2005)]. Com base no local de produção e na matéria-prima utilizada, os biocombustíveis líquidos relevantes na atualidade podem ser classificados, *grosso modo*, em poucos tipos: bioetanol de cana-de-açúcar (no Brasil), bioetanol de milho (nos EUA) e biodiesel de colza (na Alemanha), e em segundo plano, bioetanol de beterraba e trigo na Europa. A produção de biocombustíveis ainda está concentrada em poucos países: nos últimos anos, o Brasil e os Estados Unidos produziram 90% de etanol, enquanto a Alemanha foi responsável por 50% da produção global de biodiesel [Martinot (2008)].

Um estudo realizado pela Parceria Global de Bioenergia [GBEP (2007)] avaliou as tendências para biocombustíveis no grupo dos países G8+5, que envolve alguns dos mais ativos no cenário bioenergético, seja como produtores ou usuários, exportadores ou importadores. Além dos países do G8 (Canadá, França, Alemanha, Itália, Japão, Rússia, Reino Unido e Estados Unidos), foram incluídos mais cinco (“países +5”): África do Sul, Brasil, China, Índia e México. Com base nesse estudo, a Tabela 37 apresenta a contribuição da bioenergia na oferta total primária de energia (*total primary energy supply* – TPES), basicamente equivalente à produção energética nacional somada às importações e excluindo-se as exportações. A China, com 9.000 PJ por ano, é o maior usuário de bioenergia, seguido pela Índia, com 6.000 PJ, Estados Unidos, com 2.300 PJ, e Brasil, com 2.000 PJ de demanda anual, enquanto no Canadá, na França e na Alemanha a contribuição da bioenergia é de cerca de 450 PJ anuais. A evolução, ao longo dos últimos anos, indica que a demanda de biocombustíveis tende a aumentar em um ritmo bastante elevado no Brasil, na Alemanha, na Itália e no Reino Unido, enquanto na França, no Japão, na Índia e no México tende a se manter estável.

Do ponto de vista de sua importância em relação às demais fontes energéticas, a Tabela 38 mostra como evoluiu nos últimos anos a fração da demanda total de energia coberta por biocombustíveis nos países do G8+5, que pode ser considerada representativa para outros países da Europa, da Ásia e da América Latina. Na maioria dos países africanos, bem como nos países mais pobres de outras regiões, os dados são bem diferentes, já que a demanda de

madeira como combustível e outras formas tradicionais de biocombustíveis, como resíduos, cobre de forma quase absoluta os dados de consumo bioenergético.

**Tabela 37 – Biocombustíveis na oferta total primária de energia (Em PJ)**

País	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Canadá	409	408	418	437	480	481	451	487	489	510	525
França	440	467	438	453	439	430	437	406	420	419	422
Alemanha	139	143	195	210	207	229	246	271	312	348	441
Itália	52	51	59	63	69	74	79	76	81	121	123
Japão	191	193	199	183	190	196	180	187	191	190	198
Rússia	259	221	190	157	208	163	158	151	149	143	146
Reino Unido	52	54	57	55	56	61	64	70	82	96	115
Estados Unidos	2.554	2.607	2.531	2.601	2.507	2.551	2.285	2.256	2.474	2.633	2.697
<b>Países do G8</b>	<b>4.097</b>	<b>4.144</b>	<b>4.086</b>	<b>4.160</b>	<b>4.156</b>	<b>4.186</b>	<b>3.900</b>	<b>3.904</b>	<b>4.198</b>	<b>4.460</b>	<b>4.666</b>
Brasil	1.728	1.706	1.719	1.756	1.838	1.794	1.823	1.951	2.110	2.277	2.801
China	8.610	8.656	8.703	8.750	8.906	8.973	9.053	9.127	9.202	9.277	9.360
Índia	5.862	5.918	5.978	6.039	6.144	6.230	6.313	6.389	6.464	6.539	6.620
México	328	329	338	343	337	333	337	333	336	337	348
África do Sul	479	487	495	504	516	529	539	545	551	547	564
<b>Países +5</b>	<b>17.006</b>	<b>17.095</b>	<b>17.233</b>	<b>17.392</b>	<b>17.741</b>	<b>17.859</b>	<b>18.064</b>	<b>18.345</b>	<b>18.662</b>	<b>18.977</b>	<b>19.693</b>
<b>Países G8+5</b>	<b>21.103</b>	<b>21.239</b>	<b>21.319</b>	<b>21.552</b>	<b>21.897</b>	<b>22.045</b>	<b>21.964</b>	<b>22.249</b>	<b>22.860</b>	<b>23.437</b>	<b>24.359</b>

Fonte: GBEP (2007).

A contribuição dos biocombustíveis à demanda total de energia alcança quase 30% no Brasil e na Índia e apenas 1% no Reino Unido e na Rússia. Em países como Canadá, França, Alemanha e Estados Unidos, essa contribuição varia entre 3% e 4%, alcançando cerca de 20% na Suécia e na Finlândia. A parcela atendida pela bioenergia na Índia, na China e no México está diminuindo, muito provavelmente por causa do aumento no uso de querosene e GLP nas residências. Por outro lado, a contribuição dos biocombustíveis nos países do G8, especialmente na Alemanha, na Itália e no Reino Unido, cresceu a uma taxa anual de 4% a 6% nos últimos anos.

Dados sobre produção de bioetanol revelam importantes tendências de expansão e diversificação. Em 2006, a produção total mundial desse biocombustível foi de 51,3 bilhões de litros e no ano seguinte alcançou 55,7 bilhões de litros. Em 2007, com uma produção de 26 bilhões de litros com base no milho, os Estados Unidos continuaram na liderança da produção global de bioetanol e o Brasil, segundo produtor mundial, produziu nesse mesmo ano cerca de 20 bilhões de litros de bioetanol derivado da cana-de-açúcar [REN21 (2008)]. Como líderes da produção de bioetanol na Ásia, a China e a Índia produziram 3,7 bilhões e 2,3 bilhões de litros em 2007, respectivamente. Também em 2007, a produção de todos os

países asiáticos alcançou 7,4 bilhões de litros. Na União Européia, a produção de bioetanol subiu de 1,6 bilhão de litros, em 2006, para cerca de 2,3 bilhões de litros, em 2007. Como maior produtor europeu de bioetanol, a França produziu em 2007 em torno de 1,2 bilhão de litros, seguida da Alemanha, com 850 milhões litros [F. O. Licht (2007)]. O Gráfico 37 sintetiza a participação dos principais produtores de bioetanol na oferta total, na qual os países em desenvolvimento correspondem a cerca da metade da produção observada.

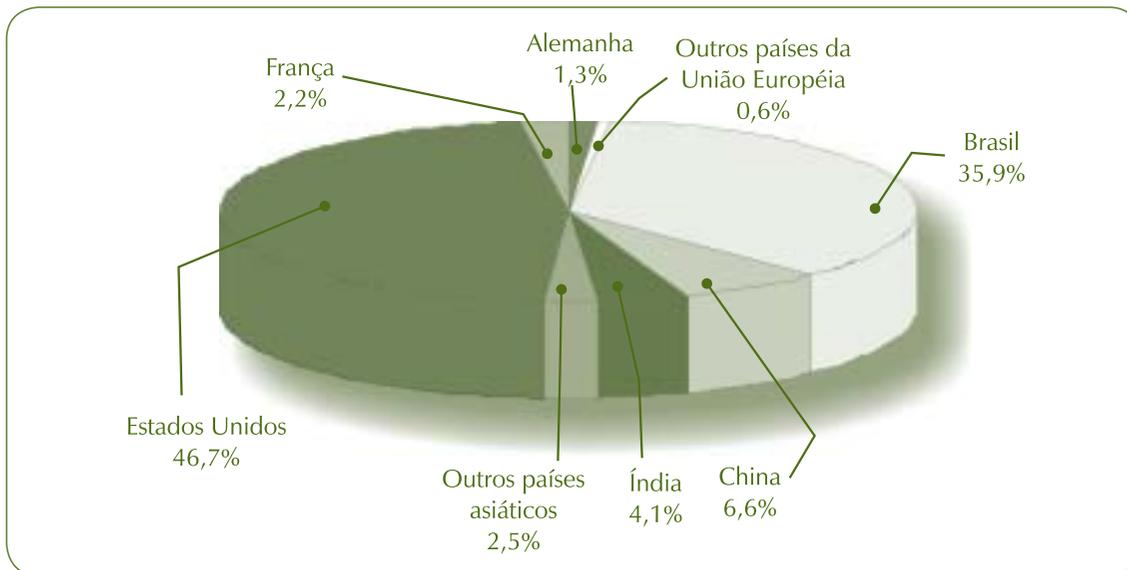
**Tabela 38 – Participação relativa dos biocombustíveis na oferta total primária de energia**  
(Em %)

País	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Canadá	4,2	4,1	4,2	4,4	4,6	4,6	4,4	4,7	4,5	4,5	4,6
França	4,4	4,4	4,2	4,2	4,1	4,0	3,9	3,6	3,7	3,6	3,6
Alemanha	1,0	1,0	1,3	1,4	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,4	3,1
Itália	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,0	1,1	1,6	1,6
Japão	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9
Rússia	1,0	0,8	0,8	0,6	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5
Reino Unido	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	1,0	1,2
Estados Unidos	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7	2,6	2,4	2,4	2,6	2,7	2,8
<b>Países do G8</b>	<b>2,2</b>	<b>2,2</b>	<b>2,2</b>	<b>2,2</b>	<b>2,2</b>	<b>2,1</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,1</b>	<b>2,2</b>	<b>2,3</b>
Brasil	26,6	25	23,9	23,7	24,1	23,1	23,3	24,3	26	26,5	29,8
China	19,6	19	19,1	19,2	19,4	19,4	19,6	18,2	16,2	14,0	13,0
Índia	36,1	35,3	34,3	33,9	32,5	32,4	32,3	31,9	31,5	30,0	29,4
México	5,9	5,7	5,7	5,5	5,4	5,3	5,3	5,1	5,0	4,9	4,7
África do Sul	10,9	11	11,1	11,1	11,3	11,4	11,8	12,4	11,1	10,2	10,7
<b>Países +5</b>	<b>22,2</b>	<b>21,6</b>	<b>21,4</b>	<b>21,3</b>	<b>21,3</b>	<b>21,2</b>	<b>21,4</b>	<b>20,6</b>	<b>19,2</b>	<b>17,4</b>	<b>16,9</b>

Fonte: GBEP (2007).

É notável como esse quadro tem evoluído de forma acelerada, com taxas elevadas de crescimento a cada ano. De fato, os valores da produção de bioetanol apresentados nesse tópico representam uma pequena fração do potencial de produção existente, que deverá ser mais bem desenvolvido nos próximos anos, como se analisa no tópico seguinte.

**Gráfico 37 – Distribuição da produção de etanol em 2007 por regiões**



Fonte: Elaborado com base em REN21 (2008) e F. O. Licht (2007).

### 8.3 Projeções para oferta e demanda de bioetanol em 2010–2015

A presente seção focaliza a oferta e a demanda de bioetanol no começo da próxima década, quando se espera que o mercado desse biocombustível tenha começado a se desenvolver. Analisa-se separadamente a situação da América do Norte (excluindo México, tratado no âmbito da América Latina), da União Europeia, da América Latina e Caribe e da Ásia e Oceania, considerando especialmente os países que já implementaram ou estarão implementando políticas de incentivos à produção e ao consumo de biocombustíveis. Em sua maior parte, os valores foram tomados de estudos desenvolvidos pelo Global Biofuels Center, instituição dedicada a estudos estratégicos nos mercados de biocombustíveis. Para o Brasil, serão apresentadas projeções na seção dedicada à América Latina, com base na evolução prevista para o mercado de combustíveis e na capacidade instalada em unidades de processamento de cana-de-açúcar. Para o continente africano, onde se observam algumas iniciativas para fomentar o uso dos biocombustíveis, foram efetuadas projeções de mercado de forma mais agregada. Ao final, é apresentado um quadro geral, com a situação de cada mercado no horizonte previsto.

### ***América do Norte, exclusive México***

Tanto o Canadá como os Estados Unidos estão desenvolvendo normas nacionais para combustíveis renováveis que tornarão obrigatória a adição de uma percentagem de biocombustíveis à gasolina e ao diesel. Nos Estados Unidos, a atual referência para as políticas públicas federais para biocombustíveis é o Programa de Normas para Combustíveis Renováveis (Renewable Fuels Standard – RFS). A Lei de Políticas Energéticas, editada em 2005, estabeleceu as diretrizes desse programa, que foi desenvolvido e regulamentado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (Environmental Protection Agency – EPA) e passou a vigorar em 1º de setembro de 2007. Esse programa determinava que uma certa porcentagem de gasolina vendida ou usada por motoristas fosse de combustível renovável, determinação cumprida sem dificuldades, pois os Estados Unidos já consumiam em 2007 mais combustíveis renováveis do que exigia a RFS [White House (2008)].

Entretanto, a partir do fim de 2007, com a edição do Ato de Segurança e Independência Energética (Energy Independence and Safety Act – EISA), foram revisadas as metas do RFS, aumentando a quantidade exigida de biocombustível de modo a atingir progressivamente uma demanda de 136 bilhões de litros de bioetanol e outros biocombustíveis até 2022 [USDA (2008)]. Essa legislação define novas categorias de combustíveis renováveis, estabelecendo níveis mínimos de consumo crescentes ao longo do tempo para as categorias de menor impacto ambiental:

**Biocombustível convencional:** definido como bioetanol derivado de amido de milho. As novas unidades de produção de etanol que começaram a ser construídas após a regulamentação dessa lei devem atingir uma redução de emissões de gases do efeito estufa de 20% em seu ciclo de vida, comparadas às emissões de referência. O índice obrigatório de redução das emissões de gases do efeito estufa durante o ciclo de vida pode ser reduzido a 10% se a EPA determinar que a exigência é impraticável.

**Biocombustível avançado:** combustível renovável, que não o bioetanol de amido de milho, derivado de biomassa renovável, e que atinge uma redução das emissões de gases do efeito estufa durante o ciclo de vida da ordem de 50% abaixo do valor de referência. Essa definição, de acordo com a legislação norte-americana, inclui biocombustíveis diversos, como bioetanol de celulose, bioetanol de açúcar ou de amido que não sejam de milho; ou biocombustíveis produzidos de rejeitos animais, alimentares, agrícolas e domésticos, diesel de biomassa, biogás (incluindo gás de aterros sanitários e esgotos), butanol e outros álcoois produzidos de biomassa e outros combustíveis derivados de biomassa celulósica.

**Biocombustível celulósico:** combustível renovável produzido com base em qualquer celulose, hemicelulose ou lignina, derivado de biomassa renovável e que atinge uma redução das emissões de gases do efeito estufa durante o ciclo de vida da ordem de 60% abaixo do valor de referência.

As novas disposições, conforme determinado pelo EISA, estabelecem que os combustíveis renováveis atendam aos limites mínimos de redução de emissão dos gases do efeito estufa durante seu ciclo de vida, incluindo as emissões durante todos os estágios de produção da matéria-prima e do combustível e de distribuição, contabilizando emissões diretas e indiretas, que incluem as emissões que resultam de mudanças no uso da terra. De acordo com as projeções do Global Biofuels Center, acredita-se que as novas metas estabelecidas na legislação norte-americana serão provavelmente alcançadas, com uma produção interna de bioetanol de 70 milhões de metros cúbicos em 2015 [Global Biofuels Center (2008)].

De forma semelhante, o governo do Canadá deverá tornar obrigatória a adição de 5% em volume de combustível renovável na gasolina, a partir de 2010, estando em desenvolvimento a regulamentação para implementar as normas correspondentes. De acordo com essa proposta, para atender à mistura obrigatória, haverá uma demanda de 2,2 bilhões de litros de bioetanol em 2010 e espera-se que a oferta seja de 2,9 bilhões de litros, com expectativas de que novas instalações de produção de etanol sejam construídas e entrem em operação até 2015. De fato, supondo que seja implementado em 2015 uma mistura com 10% de bioetanol, serão necessários mais de 4,7 bilhões de litros, bastante acima da capacidade de produção atualmente instalada.

### ***União Européia***

Na União Européia, que conta atualmente com 27 estados-membros, alguns países passaram a se interessar por biocombustíveis ainda na década de 1990, mas foi a partir do fim de 2001 que surgiram ações mais coordenadas em nível comunitário, ao mesmo tempo em que a agroindústria bioenergética passou a crescer, apoiada pela adoção de políticas favoráveis e incentivos fiscais em diferentes países. Os dois países onde os biocombustíveis (com destaque para o biodiesel) alcançaram a maior penetração no mercado de combustíveis automotivos foram a Alemanha e a Suécia. Países com grandes áreas de terras aráveis e políticas protecionistas em relação a suas agroindústrias, como a França, também implementaram ferramentas específicas para promover a utilização de biocombustíveis. É interessante constatar que, a partir de 2006, pela primeira vez os investimentos europeus em bioetanol, associados ao cumprimento das metas estabelecidas para 2010, superaram os investimentos em biodiesel.

Outros estados-membros, como a Espanha, promoveram a produção de biocombustíveis sem possuir grandes mercados domésticos, com a intenção de exportar os excedentes de sua produção. Os Países Baixos e o Reino Unido adotaram posturas mais conservadoras e consideram os biocombustíveis de segunda geração uma alternativa mais sustentável do que a atual primeira geração. Esses dois países, entretanto, estabeleceram sistemas de obrigatoriedade para a utilização de biocombustíveis. O caso da República Tcheca, que se tornou estado-membro em 2004, é também de interesse, pelo rápido desenvolvimento de biocombustíveis que tem ocorrido desde 2006, quando o preço do petróleo alcançou patamares elevados.

Com o objetivo de criar mercados mais robustos de biocombustíveis, a Comissão Europeia propôs uma meta mínima obrigatória de 10% de energia produzida com base em biocombustíveis até 2020. O ordenamento utilizado para tanto são as diretivas, que vinculam o estado-membro quanto a resultados a alcançar, embora deixem às instâncias nacionais a competência quanto à forma e aos meios. Desse modo, tem efeito direto, mas sem aplicabilidade direta [Soares (1997)]. As duas principais diretivas sobre o uso de biocombustíveis na União Europeia são a Diretiva para Biocombustíveis (Biofuels Directive), lançada em 2003, que estabelece as metas de uso para biocombustíveis, e a Diretiva para a Qualidade dos Combustíveis (Fuel Quality Directive), revisada em 2007, que considera a redução das emissões de gases de efeito estufa e inclui os biocombustíveis nas especificações de qualidade dos combustíveis europeus.

As metas estabelecidas pela Diretiva para Biocombustíveis são indicativas (não-vinculadoras), estabelecidas como percentagens em energia sobre o uso de combustíveis fósseis no setor de transporte. Para 2005, a meta foi de 2% e, para 2010, é de 5,75%, sempre referidos ao conteúdo energético. Em janeiro de 2008, a Comissão Europeia publicou sua proposta de Diretiva para Energia Renovável, que deverá prevalecer sobre a Diretiva para Biocombustíveis a partir de 2010. Essa recente diretiva proposta inclui a obrigatoriedade do uso de 10% de biocombustíveis por conteúdo energético até 2020, meta que deverá ser alcançada com o uso de biocombustíveis sustentáveis, definidos em relação a parâmetros estabelecidos na própria diretiva, e com o uso de biocombustíveis de segunda geração, que será contabilizado em dobro no atendimento da meta proposta para 2020. A Diretiva para Energia Renovável proposta está sendo discutida no Parlamento Europeu e no Conselho de Ministros, com expectativas de que seja aprovada até junho de 2009.

De acordo com a Associação Europeia de Produtores de Bioetanol (eBIO), a produção de etanol em 2007 cresceu 13,5%, uma taxa modesta se comparada aos 70% observados em 2006 e 2005. Essa associação informa ainda que as importações de etanol bateram recorde em 2007, ficando próximas a um bilhão de litros. A Tabela 39 mostra a evolução dos indicadores da agroindústria e do mercado do bioetanol na União Europeia de 2005 a 2007.

Com base nas hipóteses adotadas para o cenário moderado do projeto Refuel, desenvolvido com o patrocínio da União Europeia em um esforço conjunto de diferentes instituições para promover o uso de biocombustíveis, o bioetanol deverá alcançar a meta de 5% de conteúdo energético em 2010, 7,5% em 2015 e 10% em 2020 [Refuel (2008)]. Não obstante, o aumento previsto para a produção, estimado em função das unidades produtoras de bioetanol existentes e anunciadas, demonstra que será necessária a importação de etanol, caso todas as fábricas trabalhem com 70% da capacidade em 2010 e 80% da capacidade em 2015 e 2020 [Global Biofuels Center (2008)].

**Tabela 39 – Capacidade, produção e consumo de bioetanol na União Européia  
(Em milhões de litros/ano)**

Ano	2005	2006	2007
Capacidade instalada	–	2.876	3.344
Produção	913	1.593	1.770
Consumo	1.150	1.700	2.700
Importação	237	107	930

Fonte: Global Biofuels Center (2008).

Com base na meta de 10% de etanol para 2020, serão necessários 17,7 bilhões de litros de etanol. A capacidade de produção local poderá alcançar 12,16 bilhões de litros em 2015 e, em seguida, permanecer constante, pois nenhum novo projeto para produção de bioetanol convencional foi iniciado, com a expectativa de que o etanol celulósico comece a entrar no mercado [Global Biofuels Center (2008)]. Em resumo, com metas obrigatórias e vários países implementando metas individuais de consumo para o etanol e o biodiesel, o crescimento da demanda poderá ser significativo na União Européia, acima da disponibilidade interna, e as importações deverão compensar a diferença entre oferta e demanda nessa região.

### ***América Latina e Caribe, inclusive Brasil***

A produção e a utilização de biocombustíveis têm grande potencial tanto na América Latina como no Caribe. A maioria dos países depende muito da importação de produtos de petróleo, além da demanda crescente de combustível de transporte e da grande disponibilidade de matéria-prima adequada para produzir etanol e biodiesel. Esses países têm em comum o desejo de ampliar sua segurança energética e promover o desenvolvimento econômico e social associado aos biocombustíveis, na forma como observado no Brasil, e consideram o desenvolvimento de programas de biocombustíveis um caminho para alcançar ambos os objetivos. Com esse propósito, muitos países da América Latina estão atualmente se movendo para introduzir misturas de bioetanol geralmente de 5% a 10% em volume na gasolina e, no caso do biodiesel, de 2% a 5% em volume no diesel. Entre as várias iniciativas em curso, dois países podem ser destacados por seus avanços: Colômbia e Costa Rica [Horta Nogueira (2007)].

Desde 2001, por meio da promulgação da Lei 693, teve início a implantação da produção e o uso do etanol na Colômbia. A exposição dos motivos dessa lei apresenta como seus objetivos principais a redução das emissões de hidrocarbonetos e de monóxido de carbono, a manutenção e a geração de empregos agrícolas, o desenvolvimento agroindustrial e a contribuição ao propósito estratégico de auto-suficiência energética. Em resumo, essa lei estabelece já em seu primeiro artigo que “as gasolinas que são utilizadas nos centros urbanos de mais de 500 mil habitantes, no prazo final em setembro de 2006, terão que conter compostos tais como o álcool carburante”. Nessa mesma lei, define-se a gasolina oxigenada com conteúdo de 10% de

biocombustíveis [UPME (2006)]. Esse programa foi precedido de cuidadoso planejamento e informação aos envolvidos e está em pleno andamento.

A primeira planta colombiana de bioetanol combustível começou a operar em 2005, com uma produção de 300 mil litros por dia. Em 2006, outras cinco usinas passaram também a produzir esse biocombustível, todas no Vale do rio Cauca, com uma capacidade combinada de 357 milhões de litros por ano. Nessa região, a cultura da cana-de-açúcar desenvolve-se muito bem, com a colheita ocorrendo durante todo o ano, o que confere às destilarias uma elevada disponibilidade. O governo colombiano espera que o país alcance até 2010 uma capacidade anual de produção de 1,7 milhão de litros de bioetanol, volume necessário para adicionar 10% de etanol à gasolina e obter excedentes exportáveis da ordem de 50% do total produzido [Horta Nogueira (2007)].

Na Costa Rica, as primeiras experiências com o bioetanol carburante desenvolveram-se durante a década de 1980, sem continuidade por causa dos baixos preços do petróleo a partir de 1985. Entretanto, com o cenário recente mais favorável aos biocombustíveis, o governo desse país articulou um novo programa para implantar o uso de bioetanol. Em maio de 2003, o Executivo costa-riquenho emitiu o Decreto 31.087-MAG-MINAE, criando uma Comissão Técnica para “formular, identificar e para projetar estratégias para o desenvolvimento do etanol anidro, destilado nacionalmente e usar matérias-primas locais, como substituto do MTBE da gasolina”. Os objetivos básicos apresentados para esse decreto foram: o desenvolvimento agroindustrial (reativação econômica, geração do valor agregado), melhoria ambiental (por exemplo, mediante a substituição do MTBE) e, do ponto de vista energético, a diversificação das fontes e a redução da dependência externa do combustível. O programa visa adicionar inicialmente 7,5% de etanol na gasolina usada no país, desenvolvendo-se em sucessivas etapas, para a assimilação dos procedimentos operacionais e a expansão gradual da infraestrutura. Foram conduzidos ensaios em diferentes veículos com a mescla de combustível, com bons resultados, e sucessivamente passou-se à comercialização em mercados limitados. Considerando a adição de 10% de bioetanol em toda a gasolina usada no país, a demanda costa-riquenha desse biocombustível é estimada em 110 milhões de litros anuais em 2010. A empresa estatal de petróleo, Recope, tem desempenhado um papel fundamental para a adequada introdução do bioetanol na Costa Rica [Horta Nogueira (2007)].

Para evidenciar o potencial dos países latino-americanos para promover uma mistura de 10% de bioetanol de cana-de-açúcar na gasolina consumida internamente, em especial quanto à disponibilidade de terras e a dimensão da indústria açucareira local, foram explorados dois contextos [Cepal (2007)]: a) produção de bioetanol por meio da conversão do mel esgotado, assumindo uma produtividade de 78 litros de bioetanol por tonelada de açúcar produzido; e b) a produção exclusiva de bioetanol, considerando conservadoramente uma produtividade agrícola de 75 toneladas por hectare e uma produtividade industrial de 80 litros de bioetanol por tonelada de cana, correspondendo a 6 mil litros de bioetanol por hectare. Para o primeiro caso, determinou-se a fração da demanda de bioetanol que poderia ser atendida apenas com aquele subproduto da fabricação de açúcar, e, para o segundo caso, determinou-se a

área de cana requerida, como percentagem da área agrícola total e da área cultivada com cana-de-açúcar, informadas com base em Faostat (2008a). Os dados da demanda de gasolina e, portanto, a demanda de bioetanol referem-se a valores para 2004 [Olade (2006)]. Os resultados constam dos Gráficos 38 e 39, nos quais foram incluídos apenas os países com mais de mil hectares cultivados com cana-de-açúcar. Como o Brasil já tem um amplo programa de produção e uso do bioetanol, incluindo bioetanol puro, não faria sentido utilizar esses indicadores, por isso o país foi excluído dessa análise. Adiante, são apresentadas as projeções de mercado e produção específicas para o contexto brasileiro.

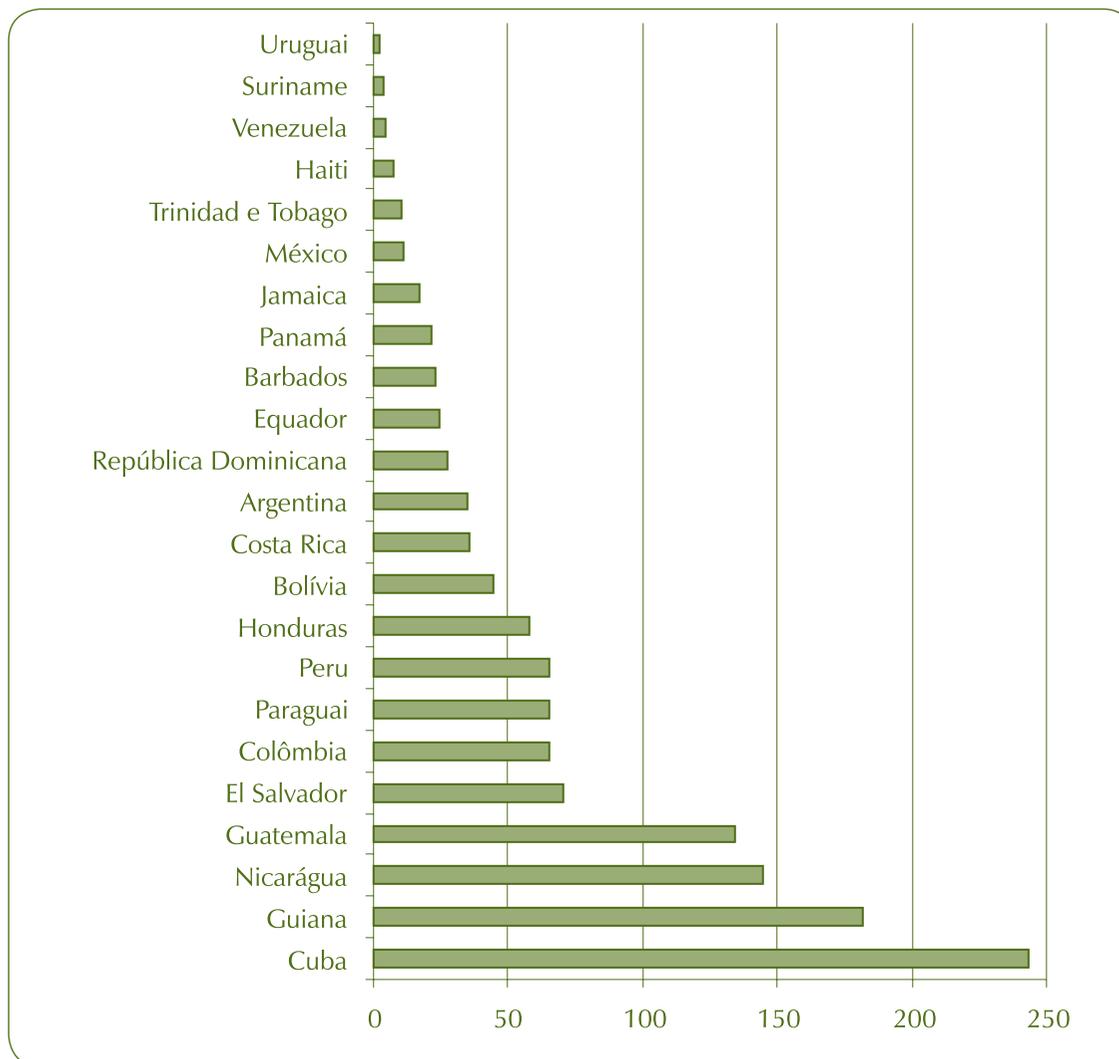
Como se observa nos Gráficos 38 e 39, o bioetanol de cana-de-açúcar pode ser produzido no âmbito das necessidades nacionais, sem impactos significativos. Na média, para a região latino-americana, com a meta de uma mistura de 10% de bioetanol na gasolina, a exigência de biocombustível poderia ser atendida em 35% por meio do uso dos melaços existentes ou, alternativamente, aumentado em 22% a atual superfície cultivada de cana, que significa cerca de 0,4% da superfície agrícola na produção, mas com marcante diversidade entre os países. Assim, Cuba, Guatemala, Guiana e Nicarágua apresentam elevada disponibilidade potencial de produção do bioetanol, com base no melaço, superior à necessidade correspondente a uma mistura de 10% na gasolina. Em outro extremo, no Haiti, no Suriname, no Uruguai e na Venezuela, a dimensão da agroindústria canavieira não alcança nem 10% das necessidades do etanol, pelo esquema considerado. Do ponto de vista das disponibilidades da terra, a situação pode ser considerada quase sem restrições na região latino-americana. Com exceção de Barbados, Jamaica, Trinidad e Tobago, Suriname e Venezuela, com menos de 1% da superfície agrícola dos países seria possível produzir o etanol suficiente para a mistura com 10%.

Outro fator importante que tem estimulado a produção do bioetanol nos países da América Latina e no Caribe é a reestruturação do regime açucareiro pela União Européia no âmbito da Política Agrícola Comum, que reduzirá as garantias de preço para esses países em 36% em quatro anos. Em resposta, países como Barbados, Belize, Jamaica e Guiana estão considerando direcionar suas disponibilidades de açúcar para a produção de etanol. A esse respeito, a Jamaica é o país mais adiantado, pois pretende implementar em 2008 a mistura mandatória de 10% de bioetanol na gasolina.

Além de suprir seus mercados internos, muitas vezes com dimensões limitadas, os países latino-americanos têm avaliado a possibilidade de exportar bioetanol, especialmente para os Estados Unidos. Alguns acordos dão um suporte favorecido a essas iniciativas, como o Acordo de Livre Comércio da América Central e República Dominicana (Dominican Republic – Central American Free Trade Agreement, DR-Cafta), ratificado pelo Congresso americano em 2005, e a Iniciativa da Bacia do Caribe (Caribbean Basin Initiative – CBI), estabelecida pelo Congresso americano em 1983 e que isenta, dentro de condições determinadas, os produtos importados dos países beneficiários (Antígua e Barbuda, Aruba, Bahamas, Barbados, Belize, Ilhas Virgens Britânicas, Costa Rica, Dominica, República Dominicana, El Salvador, Granada,

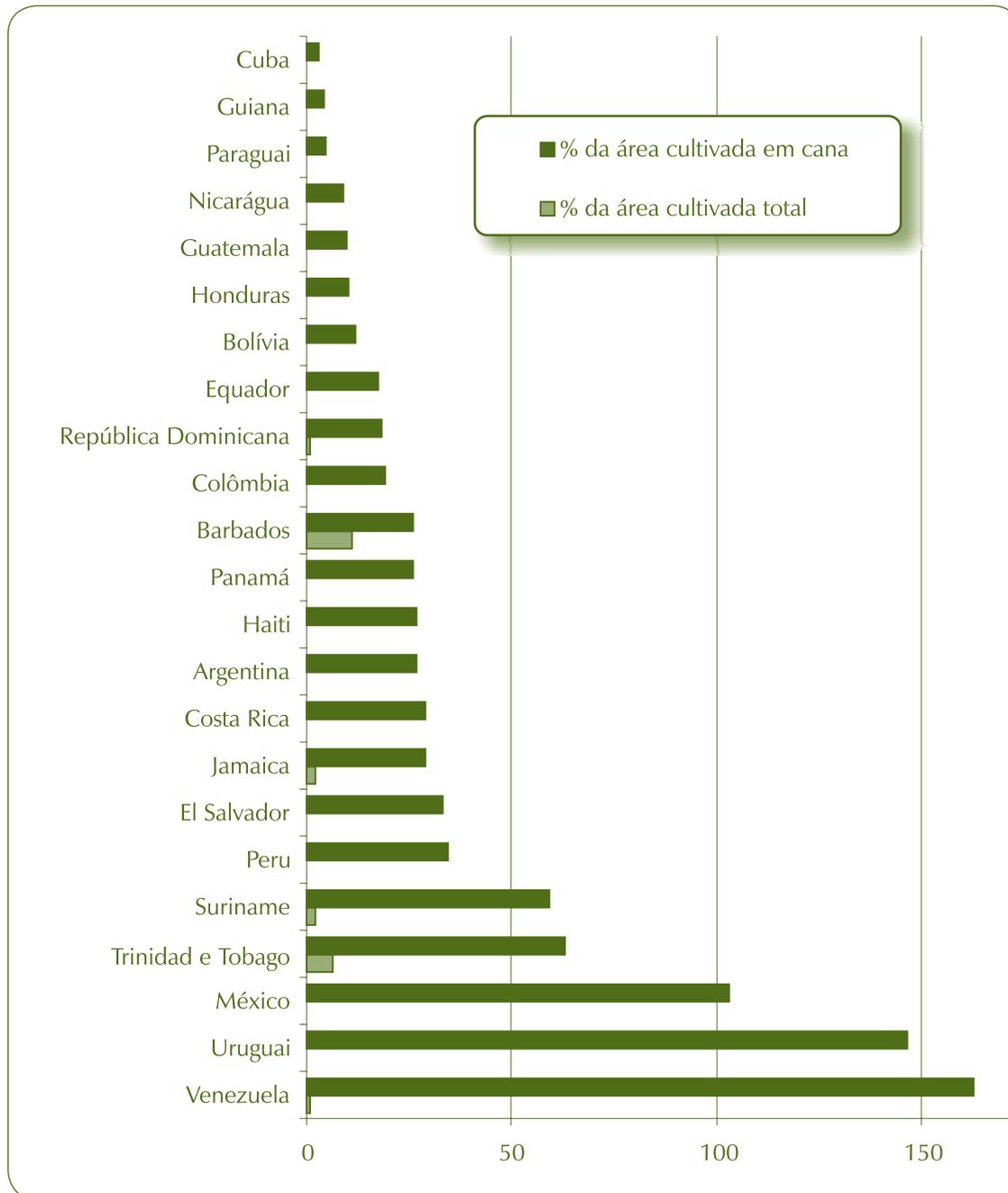
Guatemala, Guiana, Haiti, Honduras, Jamaica, Montserrat, Antilhas Holandesas, Nicarágua, Panamá, São Cristóvão e Névis, Santa Lucia, São Vicente e Granadinas e Trinidad e Tobago).

**Gráfico 38 – Fração da demanda de bioetanol para agregar 10% à gasolina passível de ser produzida mediante a conversão de mel residual disponível na fabricação de açúcar**  
(Em %)



Fonte: Cepal (2007).

**Gráfico 39 – Fração das áreas cultivadas (total e em cana) necessária para produzir bioetanol requerido para agregar 10% à gasolina, assumindo a conversão de caldo direto**



Fonte: Cepal (2007).

No contexto do CBI, na maioria dos casos, o etanol hidratado é embarcado do Brasil para os países qualificados, onde é desidratado e exportado para os Estados Unidos. Os principais exportadores nesse esquema são Jamaica, Costa Rica, El Salvador e, mais recentemente, Trinidad e Tobago. Pelas regras da CBI, pode ser exportado bioetanol nos seguintes casos: a) volumes até 7% do mercado americano sem restrições de origem, ou seja, aceita-se biocombustível apenas processado no país, b) 132 milhões de litros de bioetanol como quota suplementar, que contenha pelo menos 35% de produto local; e c) um volume ilimitado de biocombustível desde que contenha mais de 50% de conteúdo local. As importações de bioetanol pelo mercado norte-americano se situaram em 4,6 bilhões de litros em 2006 e 2007, em sua maior parte (cerca de 75%) realizadas através do CBI e, em menor grau, oriundas diretamente do Brasil, do Canadá e de outros países [Global Biofuels Center (2008)].

Para a região latino-americana, excluindo o Brasil, foi elaborada uma projeção da oferta e da demanda de bioetanol, a ser apresentada adiante junto aos valores para as demais regiões. Foram levados em conta os seguintes países que estão ou estarão implementando programas de biocombustível até 2010: Argentina, Colômbia, Costa Rica, República Dominicana, Equador, Jamaica, México, Paraguai, Peru, Trinidad e Tobago, Uruguai e Venezuela. Considerou-se que a oferta até 2010 incluiria a produção de unidades atualmente em operação e em construção e projetadas para entrar em operação até esse ano. Supõe-se também que, até 2015, a maior parte das unidades atualmente propostas estará construída. A capacidade nominal foi usada para estimar o potencial de oferta e a demanda foi calculada com base na demanda prevista de gasolina e na implementação das metas [Global Biofuels Center (2008)].

A análise efetuada mostrou que vários países precisarão aumentar sua capacidade para atender às metas previstas nos próximos anos. Vários países estarão ou continuarão a estar na posição de exportadores de bioetanol durante esses anos: Costa Rica, Jamaica, Paraguai, Peru, Trinidad e Tobago e até mesmo Uruguai. As exportações de todos os países, exceto o Peru, continuarão a ir para os Estados Unidos sob os programas aplicáveis nos termos dos acordos comentados anteriormente. O Peru, especificamente, poderá exportar seus produtos para o mercado americano sob os auspícios do Acordo de Livre Comércio Estados Unidos-Peru, ratificado pelo Congresso norte-americano em dezembro de 2007 [Global Biofuels Center (2008)].

As perspectivas do mercado de bioetanol no caso brasileiro são, evidentemente, diferenciadas dos demais países da região latino-americana, por conta da maturidade de seu programa de biocombustíveis e da grande expansão observada no consumo e na capacidade de produção de bioetanol, como detalhado no capítulo anterior. Também por conta da intensa dinâmica observada nessa agroindústria, estimar cenários futuros não é tarefa simples, já que novos projetos têm sido lançados com frequência, focando inicialmente o crescente consumo interno de bioetanol. No entanto, para estabelecer um nível de produção e consumo nos horizontes de interesse, foram realizadas algumas estimativas, em base conservadora. Para a produção de bioetanol, tomou-se por base a produção estimada para 2008, de cerca de 26,1 bilhões de litros, e consideraram-se uma taxa de crescimento anual de 8%, coerente com a

evolução verificada nas últimas safras, e o número de projetos atualmente em implantação, com 35 novas usinas entrando em operação na safra 2008/2009 e outras 43 unidades devendo partir na safra seguinte [Nastari (2008)], significando uma produção de bioetanol de 30,5 bilhões de litros em 2010, principalmente voltada para o mercado doméstico. No período seguinte, o mercado externo deverá apresentar maior importância e a capacidade de produção de bioetanol deverá alcançar, em 2015, cerca de 47 bilhões de litros, equivalente a uma taxa de crescimento anual de 9% [Milanez et al. (2008)].

Com relação à demanda de bioetanol no mercado brasileiro, estimativas apresentadas há poucos anos se mostraram tímidas e foram largamente superadas pela realidade, principalmente por causa da expansão do mercado de veículos flexíveis. Contudo, essa tecnologia veicular introduz mais incertezas nas projeções de demanda, dada a possibilidade de os usuários escolherem utilizar bioetanol puro ou gasolina (com bioetanol). Por outro lado, o governo pode alterar o teor de mistura de etanol entre 20% e 25%, afetando diretamente a demanda efetiva de bioetanol anidro. Esses fatores, conjugados ao quadro incerto dos preços, ampliam a margem de erro da projeção de consumo. Uma avaliação da evolução da frota de veículos leves no Brasil e dos históricos de consumo de combustíveis indica que, para 2015, a demanda interna de bioetanol poderá estar entre 28 bilhões de litros e 34,3 bilhões de litros, assumindo que 50% e 75% do consumo dos veículos flexíveis, respectivamente, serão atendidos pelo bioetanol hidratado [Milanez et al. (2008)]. Nesse mesmo estudo, são apresentadas diversas projeções do mercado brasileiro de bioetanol, com razoável dispersão entre as estimativas. De modo conservador, analogamente à projeção da oferta, assumiu-se que a maior parte da produção de bioetanol deverá atender o mercado nacional, com uma exportação de 5 bilhões de litros em 2010, valor aproximado das exportações observadas em 2008, e 10 bilhões de litros em 2015, quando o mercado internacional de bioetanol já deverá estar mais bem estruturado. Observe-se que a demanda doméstica de bioetanol corresponde aos usos veiculares e às aplicações industriais, segmento que vem crescendo de modo importante no Brasil.

### **África**

A menor dimensão relativa do mercado africano de combustíveis e a limitada base de informações sobre projetos de biocombustíveis nos diversos países não significam que essa região seja de menor interesse nas avaliações prospectivas para o bioetanol. Na verdade, esse continente apresenta, particularmente em sua porção sul, regiões com evidente e relevante potencial bioenergético, cuja utilização poderá articular-se com outros propósitos de desenvolvimento social e econômico e vem sendo buscada em diversos países.

Desde a década de 1980, existe a disposição de promover o uso de bioetanol na África. Duas iniciativas pioneiras podem ser mencionadas: no Malawi, desde 1982 vem operando a Ethanol Company of Malawi (ETHCO), que fabrica etanol com base no melaço de cana-de-açúcar para fins combustíveis; e no Zimbábue, o programa de bioetanol combustível, lançado em 1980 e descontinuado depois de uma grave seca no começo da década passada,

poderá ser recolocado em operação [Gnansounou et al. (2007)]. Mais recentemente, na Nigéria, efetuaram-se testes com bioetanol na gasolina a partir de 2006 e empresários da África do Sul manifestaram interesse na implementação de unidades produtoras de bioetanol, especialmente após o governo sul-africano ter sinalizado a possibilidade de introduzir mandatoriamente o uso desse biocombustível misturado na gasolina [Alexander (2005)]. Em Gana, implementa-se uma unidade produtora com capacidade de 150 milhões de litros anuais de bioetanol de cana-de-açúcar, em um modelo que poderá ser replicado na Tanzânia e em Moçambique [F.O.Licht (2008b)]. Na atualidade, há pelo menos 11 países no continente criando regras para produção e comercialização de bioetanol, entre eles África do Sul, Angola, Moçambique e Benin. A maioria pretende adotar a mistura de 10% de bioetanol à gasolina [Exame (2007)].

A produção africana de bioetanol de cana-de-açúcar observada em 2006 foi de 439 milhões de litros, sendo a África do Sul responsável por 89% dessa produção. Considerados de forma agregada e preliminar, tendo em vista informações do potencial de consumo interno de gasolina e as perspectivas de exportação associadas às boas condições de produtividade, no continente africano os cenários conservadores de demanda seriam de 1 bilhão de litros e 1,5 bilhões de litros em 2010 e 2015, respectivamente. Por sua vez, a produção em 2010 estaria no nível da demanda, podendo ser considerada uma exportação de 500 milhões de litros em 2015.

É certo que a África tende a ser, a médio prazo, um ator de crescente importância no cenário bioenergético. Em um trabalho conjunto do Ministério das Relações Exteriores e do Ministério da Agricultura, o governo brasileiro tem incentivado o plantio da cana-de-açúcar e a instalação de destilarias em países como Botswana, Congo, Gabão e Tanzânia. Considerando as disponibilidades de solo e as características de clima, acredita-se que os países da região sul do continente com maiores possibilidades para desenvolver programas de produção bioenergética são África do Sul, Zâmbia, Angola, Moçambique, Zimbábue, Malawi e Madagascar, basicamente mediante a diversificação da agroindústria da cana-de-açúcar já existente [Gnansounou et al. (2008)].

### **Ásia e Oceania**

A região da Ásia e da Oceania tem se mostrado ativa na implementação de programas de biocombustíveis e na utilização de recursos agrícolas para produzir biocombustíveis, atendendo a uma demanda doméstica crescente, além de eventuais mercados externos. Entretanto, alguns países asiáticos não foram capazes de alcançar metas ambiciosas a tempo ou demonstram cautela na comercialização de biocombustíveis, por causa da indefinição em temas como preço, oferta em longo prazo, logística e infra-estrutura, além de questões associadas aos receios da compatibilidade dos veículos com biocombustíveis.

As motivações para a promoção dos biocombustíveis são diferentes entre os países asiáticos e da Oceania. Os países desenvolvidos da região, como Austrália, Japão, Nova Zelândia e Coreia do Sul, têm buscado nos combustíveis renováveis uma forma de alcançar as metas do

Protocolo de Quioto para redução das emissões de CO<sub>2</sub> até 2012, independentemente de serem essas metas obrigatórias ou voluntárias. Assim, programas de biocombustíveis foram introduzidos nesses países, principalmente por meio do estabelecimento de metas de produção ou vendas. Entretanto, Japão, Coréia do Sul e Taiwan não possuem terras suficientes para desenvolver cultivos energéticos, por causa da alta densidade populacional, o que limita a produção de biocombustíveis com base em óleos reciclados e rejeitos.

A oferta de longo prazo de matéria-prima é uma questão primordial para esses países. Como exemplo das possíveis linhas de conduta, o Japão apresentou um plano para o desenvolvimento gradual de um programa de biocombustíveis, estabelecendo como meta adicionar bioetanol na gasolina utilizada em volumes correspondentes a 0,6% do consumo veicular de energia fóssil no país até 2010, o que significaria um volume anual de 500 milhões de litros desse biocombustível. Certamente, ainda é um programa modesto, mas que sinaliza uma disposição favorável e começou pela introdução de 7% em volume de ETBE em parte da gasolina comercializada na área de Tóquio em 2007. Considera-se para 2030 a adoção de 10% de biocombustíveis na demanda energética em transportes.

O governo japonês, com suporte da indústria automobilística local, também tem realizado testes com 3% de bioetanol nas cidades de Osaka e Miyakojima, esta última na ilha de Okinawa, onde é cultivada cana-de-açúcar [Global Biofuels Center (2008)]. Recentemente, a Petrobras e a empresa japonesa de comércio exterior Mitsui formalizaram a constituição de uma empresa no Brasil para investimentos em projetos de bioenergia, com a finalidade de produzir etanol para o mercado japonês.

Por sua vez, países em desenvolvimento como China, Índia, Indonésia, Filipinas e Tailândia estão considerando o uso de biocombustíveis com base em excedentes de produção agrícola, sobretudo para reduzir sua dependência de combustíveis convencionais e, ao mesmo tempo, diminuir emissões de impacto local e proporcionar estabilidade aos agricultores. A Indonésia e as Filipinas vão mais adiante, percebendo nos biocombustíveis uma solução para incentivar a atividade econômica e reduzir sua dívida externa. Programas de promoção de biocombustíveis têm sido implementados nesses países, seja por meio do estabelecimento de metas ou de medidas que tornem obrigatórias as misturas de biocombustíveis em certas percentagens.

No caso da China, a meta informada é adicionar 10% de etanol à gasolina em cinco províncias, o que deverá corresponder a uma demanda anual de 1,6 bilhão de litros, a ser paulatinamente incrementada com a entrada de outras províncias no programa. Entretanto, a Índia e a Tailândia, com metas de agregar 10% de bioetanol e um consumo inicial estimado, respectivamente, em 400 milhões e 300 milhões de litros por ano, têm enfrentado obstáculos logísticos na implementação de programas de mistura de bioetanol e se mostram cautelosas com seus programas para o biodiesel [Global Biofuels Center (2008)].

Os derivados de petróleo são fortemente subsidiados na região asiática e na Oceania, estimulando o emprego dos biocombustíveis como uma alternativa para a substituição de combustíveis convencionais. Como resultado, a maior parte dos países está encaminhando a introdução do uso de bioetanol em teores de 5% a 10%, incluindo Austrália, China, Índia, Indonésia, Japão, Nova Zelândia, Filipinas e Tailândia. Existe, atualmente, uma razoável produção de bioetanol na Austrália, na China e na Índia, mas esses países precisarão aumentá-la para alcançar suas metas.

No estudo prospectivo de oferta e demanda para a região, apresentado a seguir, foram incluídos os seguintes países: Austrália, China, Índia, Indonésia, Japão, Nova Zelândia, Filipinas e Tailândia, assumindo que todos alcançarão as metas estabelecidas para a introdução do bioetanol em 2010 e 2015. Como resultado geral para a região, espera-se um desequilíbrio em 2010, com falta de bioetanol, que deverá ser superado até 2015. A Austrália, a Índia e a China precisarão implementar novas unidades de produção para atingir suas metas, cujo atendimento dependerá de importações em 2010, mas que poderão ser superadas pela produção local em 2015. O Japão dependerá exclusivamente de importações. O Japão e a China e, potencialmente, a Austrália e a Nova Zelândia serão grandes importadores de etanol na região. Estima-se que, até 2015, a Índia, a Indonésia e a Tailândia estarão em condições de exportar [Global Biofuels Center (2008)].

### **Quadro geral de oferta e demanda de bioetanol em 2010 e 2015**

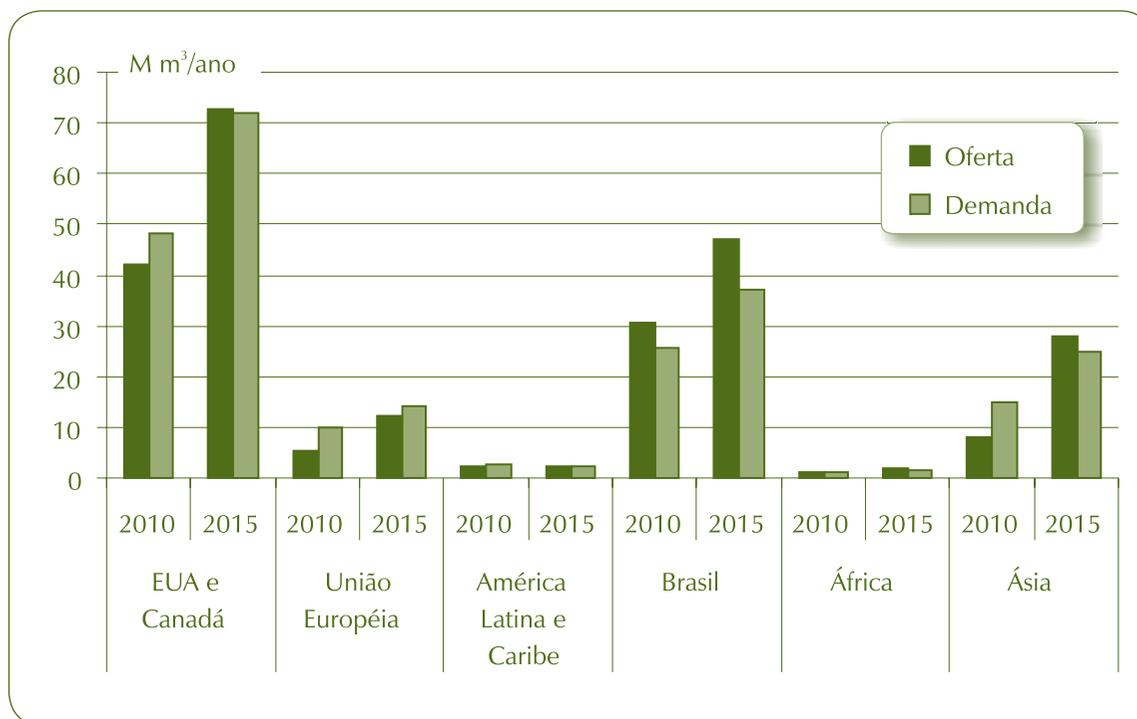
Conforme sintetizado no Gráfico 40, as perspectivas de mercado para o bioetanol nas regiões avaliadas durante o período estudado apresentam grandes diferenças e, por conseguinte, as condições e a capacidade de participar de um futuro mercado internacional para esse biocombustível também são diferenciadas. Considerando esses mercados, em termos globais, prevê-se para 2010 uma demanda de bioetanol de 101 bilhões de litros, frente a uma oferta estimada em 88 bilhões de litros, quadro que tende ao equilíbrio em 2015, quando a oferta deverá situar-se próxima a 162 bilhões de litros, para uma demanda no patamar de 150 bilhões de litros.

Em resumo, projeta-se para os próximos anos um significativo crescimento da demanda nos Estados Unidos, particularmente por conta da nova legislação que requer a adição anual de mais de 57 bilhões de litros de bioetanol à gasolina norte-americana até 2015. Por isso, esse país, possivelmente, terá de recorrer à importação, a não ser que novas rotas de produção se viabilizem rapidamente.

Na Europa, tendo em vista a meta de 5% em 2010 e 7,5% até 2015, a demanda de etanol também deverá se expandir de forma significativa. No Brasil, a demanda interna em forte expansão poderá ser bem atendida pela produção local, com um grande potencial de participar ativamente do mercado internacional de bioetanol caso ele se concretize. Para as outras regiões estudadas, espera-se um crescimento moderado. Não obstante, na América Latina e Caribe, vários países precisarão se preparar melhor para alcançar as metas nacionais, além da

eventual expansão da produção voltada para o mercado norte-americano, particularmente naqueles que podem acessar tal mercado em condição privilegiada.

**Gráfico 40 – Estimativas de oferta e demanda de bioetanol combustível para 2010 e 2015**



Fonte: Modificado com base em Global Biofuels Center (2008).

Os países asiáticos e da Oceania possivelmente estarão limitados para atender à demanda até 2010, mas avanços deverão ocorrer no período até 2015. Segundo a análise desenvolvida nos parágrafos anteriores, o Japão e a China e, potencialmente, a Austrália e a Nova Zelândia deverão ser os grandes importadores de etanol na região. Por outro lado, até 2015, a Índia, a Indonésia e a Tailândia poderão estar na posição de exportadores, embora, com certeza sem a mesma capacidade que o Brasil [Global Biofuels Center (2008)]. Quanto à África, as incertezas são muito grandes, mas pode-se imaginar um crescimento moderado do mercado interno, com alguma possibilidade de exportação para o mercado europeu, caso ele venha a se expandir em um ritmo mais acelerado.

É importante observar que essas projeções foram desenvolvidas durante o fim de 2007 e o início de 2008, período com grandes indefinições sobre o preço do petróleo. Caso se consolidem os preços de referência dos combustíveis fósseis em níveis elevados, é difícil prever como poderá se comportar a demanda de bioetanol, que atualmente já representa uma das poucas alternativas prontamente disponíveis para substituir a demanda de gasolina.

Para concluir a revisão prospectiva do mercado global de bioetanol, é preciso mencionar que estimar e monitorar os fluxos desse biocombustível no mundo não são tarefas fáceis, por causa das inúmeras restrições ao acesso às informações. Espera-se que a cooperação internacional nesse campo venha contribuir para ampliar a base de dados e informações sobre os mercados de bioetanol, cuja maior transparência traz benefícios para todos os países.

Como condição fundamental para que se desenvolvam nos próximos anos os potenciais de produção e, conseqüentemente, os mercados de bioetanol desenhados nos parágrafos anteriores, comentam-se a seguir as políticas utilizadas para promover os biocombustíveis nos principais países consumidores.

## 8.4 Políticas de suporte e fomento aos biocombustíveis

No âmbito institucional, as políticas e marcos legais associados aos biocombustíveis, definidos e implementados em grau variável de clareza e objetividade, constituem relevantes elementos que explicam e justificam a evolução da demanda global de bioetanol apresentada nos tópicos anteriores. Para revisar essas políticas, a Tabela 40 apresenta os principais propósitos e motivações dos programas de políticas públicas orientadas para biocombustíveis e eventuais projetos para sua efetiva implementação, com base em documentos oficiais dos vários países e da União Européia [GBEP (2008)].

De acordo com esse levantamento, elevar a segurança energética e mitigar mudanças climáticas estão entre os mais importantes fatores de motivação para programas bioenergéticos na maioria dos países. As questões ambientais estão mais presentes nos países desenvolvidos, enquanto o potencial dos biocombustíveis para promover o desenvolvimento rural é um fator impulsionador destacado para os países em desenvolvimento, propósito quase sempre alinhado a uma agenda de combate à pobreza. O crescimento da utilização de biocombustíveis também é encarado nesses países como uma oportunidade de promover o acesso a uma energia moderna, incluindo eletrificação das áreas rurais. Cabe notar que os objetivos de desenvolvimento rural em países industrializados, de modo diverso, concentram-se na multifuncionalidade da agricultura em termos de alimento e produtos ambientais e culturais.

Em países em desenvolvimento, os objetivos agrícolas vislumbram novas oportunidades, não apenas para a comercialização da produção de cultivos energéticos sofisticados, mas também para a oferta em menor escala de produtos mais acessíveis. Todos os países destacam em suas políticas pelo menos três objetivos centrais e concorrentes, o que pode tornar complexo o desenvolvimento da bioenergia, na medida em que alcançar objetivos múltiplos, muitas vezes não totalmente compatíveis, pode ser uma tarefa difícil. É importante lembrar que o foco no desenvolvimento e na proteção da produção agrícola em alguns países da OCDE levou a programas não-sustentáveis de biocombustíveis [UN-Energy (2007)]. Em poucas palavras, as políticas de promoção dos biocombustíveis orientam-se para múltiplos e desafiadores objeti-

vos, eventualmente além das possibilidades de uma transição de bases energéticas, que, por si só, se configura complexa.

**Tabela 40 – Principais objetivos para o desenvolvimento da bioenergia**

País	Objetivos						
	Mitigar mudanças climáticas	Melhorar o meio ambiente	Aumentar a segurança energética	Promover o desenvolvimento rural	Estimular a agricultura	Fomentar o desenvolvimento tecnológico	Alcançar vantagens econômicas
Países +5							
África do Sul	X		X	X			
Brasil	X	X	X	X	X	X	X
China	X	X	X	X	X		
Índia			X	X		X	X
México	X	X	X	X		X	
Países do G8							
Alemanha	X	X		X	X	X	X
Canadá	X	X	X			X	
Estados Unidos	X	X	X	X	X	X	
França	X		X	X	X		
Itália	X	X	X		X		
Japão	X	X			X	X	
Reino Unido	X	X	X	X			X
Rússia	X	X	X	X	X	X	
União Européia	X		X	X	X	X	

Fonte: GBEP (2008).

Em muitos países, o desenvolvimento e a utilização da bioenergia são orientados principalmente por políticas do setor energético, como apresentado na Tabela 41, com exemplos de medidas adotadas para essa finalidade [GBEP (2008)]. Nessa tabela, as medidas voluntárias, particularmente para os biocombustíveis, referem-se à autorização para mistura com combustíveis convencionais e progressiva introdução no mercado, enquanto os incentivos diretos compreendem os que são financiados pelo poder público, como redução de impostos, subsídios, apoio e garantia a empréstimos relacionados com os biocombustíveis. Observe-se ainda que essa tabela apresenta os instrumentos de políticas energéticas para bioenergia, separando os diferentes usos finais, como aquecimento, geração de eletricidade, transporte, etanol

e biodiesel. As políticas referentes à União Europeia são válidas para os países-membros, que podem estabelecer outras medidas de caráter nacional, como mostrado para Alemanha, França e Itália.

**Tabela 41 – Principais instrumentos de políticas energéticas relacionadas à bioenergia**

País	Política energética							
	Metas obrigatórias	Metas voluntárias	Incentivos diretos	Subvenções	Tarifas asseguradas	Conexão compulsória com a rede pública	Critérios de sustentabilidade	Tributos diferenciais
Países +5								
Brasil	T	E	T					Et
China		E,T	T	E,T	E, H	E,H		n/a
Índia	T, (E*)		E	E,H,T	E			n/a
México	(E*)	(T)	(E)			(E)		Et
África do Sul		E, (T)	(E),T					n/a
Países do G8								
Canadá	E**	E**,T	T	E,H,T				Et
França		E*,H*,T	E,H,T		E			Et ; B
Alemanha	E*,T		H	H	E	E	(E,H,T)	Et ; B
Itália	E*	E*,T	T	E, H	E	E		Et ; B
Japão		E,H,T				E		Et ; B
Rússia		(E,H,T)	(T)					n/a
Reino Unido	E*,T*	E*,T	E,H,T	E,H	E		T	Et ; B
Estados Unidos	T	E**	E,T	E,T				Et
União Europeia	E*, T	E*,H*, T	T	E,H,T		E	(T)	Et ; B
Convenções								
Tecnologia bioenergética				*: a meta se aplica a todas as energias renováveis				
E: eletricidade				**: a meta é determinada em nível sub-nacional				
H: aquecimento				(..) : instrumento de política ainda em				
T: uso em transporte				desenvolvimento ou aguardando aprovação				
Et: produção de etanol				n/a : não-disponível ou não-informado				
B: produção de biodiesel								

Fonte: GBEP (2007).

Como pode ser observado na Tabela 41, a expressiva maioria das medidas de política energética relacionadas ao fomento da bioenergia está associada aos usos para geração de energia elétrica, aquecimento e transporte, com medidas especificamente voltadas para fomentar a produção de etanol e biodiesel apenas no âmbito tributário e alfandegário. De todo modo, a implementação de medidas de política no setor de transporte apresenta imediato nexo com o fomento aos biocombustíveis. Também fica evidente que boa parte das medidas se encontra em desenvolvimento ou aguardando aprovação (apresentado entre parênteses na tabela). Em poucas palavras, os instrumentos para promover o bioetanol são conhecidos e estão em fase de progressiva implementação.

Levantamentos como os efetuados pelo Worldwatch Institute [REN21 (2008)] confirmam os importantes avanços normativos em curso para ampliar o uso do bioetanol. Nos últimos três anos, foram promulgadas instruções normativas ou para a mistura em pelo menos 17 países em nível nacional, a maioria dos quais estabelecia, de forma mandatária, uma mistura de 10% a 15% de etanol com gasolina (ou uma mistura de 2% a 5% de biodiesel com diesel combustível). Poderiam ser citadas também as instruções normativas subnacionais relativas ao bioetanol, com decisões de governos locais em 13 estados da Índia, 9 províncias chinesas, 9 estados dos Estados Unidos, 3 províncias canadenses e 2 estados australianos, comprovando a relevância das condições, possibilidades e interesses locais.

## 8.5 Conexões entre alimentos e bioenergia

Ao analisar as perspectivas de um mercado global de bioetanol, desenvolvido em bases sustentáveis, é essencial entender as interações entre os mercados de alimentos e a produção bioenergética para uma correta avaliação dos efeitos mais amplos do incremento da produção de biocombustíveis, em suas diferentes configurações produtivas. A preocupante crise no fornecimento de alimentos, com a forte elevação dos preços observada em muitos países durante 2007 e 2008, que coincide com a expansão da produção de biocombustíveis em escala global, confirmou a importância de avaliar adequadamente seu impacto sobre a disponibilidade e o comportamento dos preços dos produtos agrícolas de interesse alimentar.

Esse tema será apresentado neste tópico, inicialmente revisando os conceitos de segurança alimentar e avaliando seus requisitos frente à expansão da produção bioenergética, comentando-se a seguir os principais fatores que afetam o equilíbrio entre a demanda e a oferta de alimentos. O papel atual e potencial dos biocombustíveis nesse quadro é complexo e as conseqüências e implicações da bioenergia sobre a segurança alimentar podem ser exploradas mediante modelos analíticos detalhados, já mencionados no início deste capítulo, para a estimativa do potencial bioenergético, e que serão apresentados como exemplos dos esforços em curso para a adequada compreensão dessa problemática. Como um auxiliar poderoso para o correto discernimento desse quadro, será apresentada a evolução de algumas séries de preços do petróleo, vetores bioenergéticos e bens agrícolas destinados a outros fins.

## A segurança alimentar e a produção de bioenergia

A segurança alimentar é um tema central para a FAO, que a define como “a situação em que todas as pessoas, em todos os momentos, têm acesso a uma quantidade suficiente, segura e nutritiva de alimentos para satisfazer as suas necessidades dietéticas e preferências alimentares para uma vida ativa e saudável” [Faurès (2008)]. Ainda segundo essa instituição, a segurança alimentar apresenta quatro dimensões: disponibilidade, acesso, utilização e estabilidade, que serão analisadas a seguir, considerando em particular sua relação com a expansão da produção bioenergética.

Com relação à primeira dessas dimensões – o impacto da produção dos biocombustíveis sobre a disponibilidade de recursos para produção de alimentos –, é oportuno constatar que a utilização de terras agrícolas para produção de matérias-primas de interesse energético é quase desprezível frente à área total cultivada. Com efeito, atualmente, apenas cerca de 1% das terras aráveis do mundo é utilizada para a produção de biocombustíveis líquidos, com perspectivas de ser incrementada para 3% a 4% em 2030 [BFS/FAO (2008)].

Da mesma maneira, é difícil acreditar que existam restrições efetivas de superfície para produzir alimentos e biocombustíveis quando se considera que as áreas atualmente em cultivo, em todo o planeta (cerca de 1,5 bilhão de hectares), representam aproximadamente 12% das terras cultiváveis. Além disso, uma fração importante da produção atual de grãos é destinada à alimentação animal, atendendo de modo bastante assimétrico às necessidades alimentares da população mundial. Essa situação ocorre, por exemplo, com o milho norte-americano e a soja brasileira, produtos largamente utilizados para formulação de rações animais para sistemas produtivos com uma relação produção/consumo calórico da ordem de 15%.

Com idêntico propósito de produzir proteína animal e apresentando baixíssima eficiência de conversão, a área ocupada por pastagens em todos os países é estimada em 3,5 bilhões de hectares, representados por pastagens nativas de limitada produtividade. Caso se incrementasse em 1% a produtividade dessas áreas de pastoreio, mediante manejo adequado e uso de forrageiras de melhor desempenho, seriam liberados 35 milhões de hectares, área superior aos 23 milhões de hectares estimados como suficientes para promover a adição de 10% de bioetanol de cana-de-açúcar no mercado mundial de gasolina.

A rigor, não são as limitações de área cultivável que atentam contra a segurança alimentar e restringem as possibilidades de produção de biocombustíveis. Da mesma forma, a crise atual no mercado de produtos alimentares, decididamente, não é uma crise de insuficiência na produção de alimentos. A produção mundial de alimentos tem crescido de forma sistemática e sua oferta por pessoa aumentou 24% nos últimos 40 anos, passando de 2.360 para 2.803 calorias diárias *per capita*, enquanto a população evoluiu de três para seis bilhões de pessoas [FAO apud Ricupero (2008)].

Entretanto, em que pese a existência de terras cultiváveis livres ou esparsamente ocupadas, como visto no início deste capítulo, em nível suficiente para a produção de volumes

apreciáveis de biocombustíveis e, particularmente, de bioetanol de cana-de-açúcar, que demanda uma área bastante reduzida, deve ser reconhecido que têm ocorrido claros desequilíbrios entre a oferta e a demanda de cereais importantes na dieta de muitos países, quadro que tem sido associado de modo simplista à crescente produção de biocombustíveis.

Na verdade, a elevada inflação nos preços dos alimentos circunscreve-se em uma problemática complexa, em que, além da expansão dos mercados bioenergéticos e da demanda de matéria-prima associada, intervêm diversos outros fatores de muito maior peso [Rodríguez (2008a), FAO (2008) e Trostle (2008)]. Pelo lado da demanda, é notável o crescimento do consumo *per capita* de cereais e proteínas animais em mercados importantes, particularmente na Ásia (Índia e China), frente a uma oferta deprimida por problemas conjunturais (devidos basicamente a eventos climáticos) e praticada a custos mais elevados dos insumos agrícolas, com destaque para os efeitos diretos (operações agrícolas, transporte e processamento) e indiretos dos altos preços do petróleo, em especial sobre os fertilizantes. Como fatores agravantes adicionais – que contribuíram sobretudo para a volatilidade dos preços dos últimos dois anos –, podem ser citados a desvalorização do dólar; a política de baixas taxas de juros do Federal Reserve, nos Estados Unidos (para enfrentar a instabilidade do sistema financeiro derivada da crise no setor imobiliário), que levou à busca de alternativa de aplicação em mercados de matérias-primas; e, ligado a isso, o incremento de movimentos especulativos nos mercados internacionais de alimentos [Frankel (2008a e 2008b) e Calvo (2008)]. A explicação sobre a aceleração no aumento dos preços, como resultado da política de baixas taxas de juros seguida pelo Banco Central americano, encontra-se em um marco analítico proposto por Frankel (2006).

Como um dos principais importadores de alimentos na atualidade, com cerca de 20% da população mundial e menos de 10% das terras agricultáveis, a China logrou por décadas manter-se razoavelmente abastecida de cereais com seus próprios recursos agrícolas. Entretanto, com o incremento da renda e a diversificação da dieta, que aumentou a demanda de proteínas animais, as importações de alimentos têm crescido de modo relevante a partir de 2004. A demanda *per capita* de carne na China, que era de 20 kg por pessoa/ano em 1985, elevou-se para 50 kg em 2000, com expectativas de atingir 85 kg em 2030 [SOW-VU (2007)], níveis típicos dos países de médio a alto desenvolvimento. Essa demanda de proteína animal tem elevado significativamente a demanda de grãos, já que, em média, para produzir um quilo de carne suína ou bovina, são requeridos de 5 a 8 quilos de ração.

Apenas considerando a participação brasileira nesse novo mercado, em 2007 foram exportadas 11 milhões de toneladas de soja para a China, que, para a produtividade média nacional de 2,5 toneladas por hectare [Abiove (2008)], significa o comprometimento de 4,4 milhões de hectares com o cultivo dessa oleaginosa, visando atender o mercado chinês, superior à área plantada em cana para fins energéticos no Brasil.

Como indicadores da inflação no mercado internacional de *commodities* agrícolas de interesse alimentar, entre 2000 e 2007, a elevação dos preços dos cereais foi de 225%, inferior,

contudo, ao crescimento de cerca de 330% nos preços do petróleo no mesmo período. O aumento de preços dos alimentos recrudescceu nos últimos anos, especialmente para alguns cereais importantes: de janeiro de 2007 a março de 2008, o milho, o trigo e o arroz tiveram seus preços elevados em 40%, 130% e 82%, respectivamente [Faostat (2008b)]. Adiante, a evolução dos preços será mais bem detalhada, caracterizando um quadro desafiador cujo impacto é maior sobre as nações mais pobres e dependentes da importação de energia e alimentos. Há perspectivas de que esse quadro seja um reflexo de mudanças estruturais na economia mundial e possa permanecer por muitos anos [World Bank (2008)].

A participação do bioetanol de cana-de-açúcar como causa desses desequilíbrios e movimentos de preços é absolutamente marginal, se não nula, pela reduzida área ocupada. Como indicado no capítulo anterior, a área para produção de bioetanol de cana-de-açúcar suficiente para promover a substituição de 10% do consumo mundial de gasolina, hoje, é de cerca de 23 milhões de hectares, equivalente a 1,5% da área cultivada ou 0,2% da área agricultável no planeta. Esse argumento se confirma pelo limitado impacto da produção de bioetanol sobre os preços do açúcar, que tem se mantido em níveis mais ou menos estáveis nos últimos anos, comparativamente aos demais produtos agrícolas, como se apresenta adiante neste capítulo.

O mesmo não pode ser afirmado em relação aos outros biocombustíveis, produzidos com base em bens alimentares essenciais. Um estudo do Fundo Monetário Internacional (FMI) sobre o crescimento da demanda de produtos agrícolas indica que o milho, a soja e a colza terão seus mercados fortemente influenciados pela produção de bioenergia. Um bom exemplo é o da produção norte-americana de bioetanol, que responde por 60% do incremento da demanda global de milho e afeta diretamente seus preços. Com efeito, os Estados Unidos, principal produtor e exportador mundial de milho, deverão estar consumindo anualmente, até 2011, cerca de 30% de sua produção na fabricação de bioetanol. De modo análogo, um aumento da produção européia de biodiesel tende a afetar o mercado de óleos vegetais [IMF (2007)]. Contribuiu para esse impacto diferenciado o fato de que o milho, ao contrário do açúcar, não encontra substituto de forma imediata.

Nesse sentido, é importante reconhecer que a produção interna de biocombustíveis de baixa produtividade nos contextos norte-americano e europeu apresenta limites evidentes, envolvendo o aproveitamento de nichos de produção, especialmente em casos de excedentes agrícolas, que podem representar um pequeno percentual do consumo interno de combustíveis líquidos nesses países. Tal realidade abre uma janela de oportunidade para a produção racional e sustentável de biocombustíveis no contexto de países tropicais úmidos da América Latina e Caribe, África e Ásia, que aos poucos poderia permitir aos países de alto consumo energético atingir taxas de substituição bem mais elevadas, de 20% a 30%, sem afetar de forma relevante a produção de outros bens agrícolas e com um considerável potencial de desenvolvimento nessas regiões.

Assim, os impactos dos biocombustíveis são claramente diferenciados segundo sua origem. Enquanto o bioetanol de cana-de-açúcar produzido no contexto de países de elevada pro-

atividade, como os localizados em regiões de clima adequado, pouco afeta a produção de outros bens agrícolas, os biocombustíveis produzidos em grande escala no contexto norte-americano e europeu impactam diretamente e de modo crescente a disponibilidade de produtos alimentares. Além disso, seu impacto sobre a demanda de produtos agrícolas é agravado pelas práticas protecionistas amplamente adotadas pelos países industrializados, com sérias implicações, em pelo menos duas vertentes. Por um lado, a manutenção de preços de proteção para seus agricultores pressupõe a existência de barreiras tarifárias que dificultam ou impedem o acesso de produtos agrícolas oriundos dos países em desenvolvimento aos mercados dos países industrializados, desestimulando a produção para exportação. Por outro lado (e pior), os excedentes da produção subsidiada desequilibram de modo perverso o mercado mundial de bens agrícolas, aviltando os preços internacionais e desestruturando a produção de alimentos na maioria dos países de menor renda.

Como exemplo eloqüente das conseqüências das distorções de preços no mercado de bens agrícolas, a grande produção de milho nos Estados Unidos, com excedentes exportados a preços inferiores aos custos, promoveu a redução gradual de seu cultivo em tradicionais produtores da América Latina, como México, Colômbia e Guatemala, que, apesar de milenares praticantes da agricultura desse cereal, passaram a depender da importação do produto norte-americano para sua dieta básica. Levará algum tempo até que se coordenem de forma adequada as políticas agrícolas nacionais e se harmonizem com as demandas das políticas energéticas, resolvendo a presente crise. Nessa direção, é essencial o papel das políticas públicas consistentes para o desenvolvimento sustentável dos biocombustíveis [Rodríguez (2007)].

Naturalmente que os subsídios à produção agrícola podem ser instrumentos legítimos de política pública. Contudo, grande parte dos mais de US\$ 280 bilhões aplicados, por ano, pelos países da OCDE no suporte aos seus agricultores, que representam, em média, 30% do rendimento bruto da atividade rural [OCDE (2007b)], tem servido para reduzir, de modo perverso, a produção de alimentos nos países em desenvolvimento. A revisão desses subsídios é um dos temas mais espinhosos da agenda do comércio internacional, mas necessita ser encaminhada urgentemente, como condição básica para a retomada da racionalidade na produção agrícola mundial. Esse contexto se estende aos biocombustíveis, um setor no qual pesados subsídios bloqueiam o comércio internacional e justificam sistemas produtivos ineficientes, que terminam por desperdiçar bens alimentares, com pífios benefícios para a redução da mudança climática. Em síntese, a segurança alimentar pode ser afetada caso os biocombustíveis sejam produzidos de forma inadequada, com baixa produtividade energética e utilizando recursos naturais de forma irresponsável. No entanto, esse não é o caso do bioetanol de cana-de-açúcar.

As outras dimensões da segurança alimentar são afetadas de modo menos intenso e evidente pela produção dos biocombustíveis. O acesso aos alimentos se refere à condição em que as pessoas tenham os recursos suficientes para adquirir alimentos adequados e obter uma alimentação nutritiva. Depende primordialmente das condições de renda da população e da infra-estrutura de transporte, armazenamento e distribuição. Isso tende a ser favorecido nos contextos em que a produção bioenergética dinamize o sistema produtivo rural e amplie a

renda das famílias. Mas, por outro lado, pode ser afetado negativamente quando a produção de biocombustíveis causa aumentos significativos no preço dos alimentos, que reduzem o poder de compra da população. Esse efeito seria maior nos países ou regiões em que uma proporção significativa da renda é gasta com alimentos.

Finalmente, a dimensão estabilidade se refere à condição em que uma população, um local ou uma pessoa têm acesso a alimentos adequados em qualquer momento; portanto, refere-se tanto à dimensão da disponibilidade quanto à do acesso à segurança alimentar. A produção de biocombustíveis pode afetar a estabilidade se substituir a produção de alimentos (disponibilidade). Também pode afetá-la se gerar aumentos significativos no preço dos alimentos (efeito negativo no acesso) ou incrementar a renda dos agricultores (efeito positivo no acesso). Um exemplo concreto é oferecido pelo bioetanol de cana-de-açúcar no Brasil, cuja produção estimulou o incremento da produção de cana, embora essa matéria-prima seja parcialmente desviada para a fabricação de açúcar sempre que seu preço se mostra suficientemente atrativo. Por outro lado, preços motivadores do bioetanol frente ao açúcar tendem a reduzir a oferta de açúcar e estabilizar seu preço. Esses impactos positivos sobre a estabilidade tendem a ser mais efetivos quando os mercados bioenergético e alimentar se mostram mais integrados e menos afetados por barreiras alfandegárias.

Em conclusão, a base de recursos naturais disponíveis no planeta é amplamente suficiente para a produção bioenergética sustentável em volumes razoáveis, com reduzido impacto em outras atividades, desde que sejam adotadas rotas tecnológicas racionais, como o bioetanol de cana-de-açúcar, que, por seus indicadores diferenciados de produtividade, dificilmente pode ser associado a uma crise de oferta e de preços dos alimentos. Além disso, em um sentido amplo, a adoção de tecnologias mais eficientes, que reduzam perdas e racionalizem os sistemas produtivos agropecuários, possivelmente será ainda mais importante do que a larga disponibilidade de recursos naturais como fator mitigador da disputa entre a produção de alimentos ou bioenergia (e outros produtos agrícolas não-alimentares) por terras e demais recursos produtivos.

Com efeito, o incremento da produtividade oferece uma alternativa imediata à maior demanda de produtos do campo que a expansão da bioenergia coloca. Um bom exemplo desse processo de tecnificação e densificação é o aumento da produção de carne bovina e leite no Brasil nos últimos anos, que mostram como as áreas de pastagem, manejadas adequadamente e cultivadas com forrageiras de maior qualidade, podem suportar um número maior de animais, liberando terras para outros fins. A esse respeito, são expressivos os indicadores dos últimos 20 anos: a área de pastagem nas propriedades rurais brasileiras se reduziu em quase 4%, período em que o rebanho se ampliou em 32% e a produção leiteira cresceu 67% [IBGE (2008)]. Analisando esse tema de outra forma, em 2005, a densidade média de bovinos praticada na pecuária brasileira era de aproximadamente uma cabeça por hectare, enquanto no Estado de São Paulo essa densidade alcançava 1,4 cabeça por hectare, ou seja, 40% mais. Caso as fazendas brasileiras passem a trabalhar no nível de produtividade observado em São Paulo, seriam liberados para agricultura entre 50 milhões e 70 milhões de hectares [Jank (2007)], como já afirmado, representando de duas a três vezes a superfície

necessária para produzir bioetanol suficiente para a adição de 10% de bioetanol na gasolina de todos os países.

Confirmando o exposto acima, um grupo multidisciplinar chegou, recentemente, a um consenso [Best et al (2008)] de que os aumentos recentes nos preços das *commodities* agrícolas podem ser atribuídos, na sua maioria, a fatores que não estão relacionados à produção de biocombustíveis. Como principais fatores responsáveis por esse aumento, esse estudo apontou a crescente demanda por alimentos e rações para animais, a especulação financeira nos mercados internacionais de produtos alimentares e quebras de colheita causadas por eventos climáticos extremos. Além disso, os altos preços do petróleo e os altos custos relacionados de fertilizantes têm um impacto considerável sobre os preços internacionais dos produtos agrícolas.

### **Modelos de avaliação do impacto da produção bioenergética sobre a segurança alimentar**

Uma das maneiras utilizadas para avaliar a viabilidade da expansão da produção bioenergética, em um sentido amplo, tem sido por meio de modelos analíticos que relacionem os vários sistemas produtivos e socioeconômicos envolvidos, com suas funções de produção e demanda definidas mediante equações matemáticas, refletindo a base de informações e dados existente. Tais modelos pretendem simular os efeitos da produção de biocombustíveis em contextos e cenários previamente definidos, para auxiliar na tomada de decisões e na implementação de políticas no campo agrícola e bioenergético.

Como uma das mais relevantes iniciativas nesta direção, a FAO lançou em 2007 o Projeto de Bioenergia e Segurança Alimentar (Bioenergy and Food Security Project – BEFS) [FAO (2008c)], que vem desenvolvendo uma estrutura analítica para avaliar as conexões entre bioenergia e segurança alimentar, propondo um modelo a ser aplicado em países específicos. Espera-se que esse projeto contribua para o debate que ocorre atualmente em muitos países, caracterizando os benefícios e problemas associados à maior utilização da bioenergia. Na Figura 30, mostrada anteriormente, sintetiza-se a ampla rede de interações que se busca compreender e modelar nesse projeto.

Em especial, o objetivo da estrutura analítica é avaliar o impacto de diferentes esquemas de produção e utilização bioenergética para a segurança alimentar, que são específicos para cada país. O foco da análise entre a bioenergia e a segurança alimentar é a mudança de renda e de preços dos produtos agropecuários. Essas mudanças dependem principalmente das variações nos padrões de uso da terra, dos níveis de produção de bioenergia e alimentos e dos preços de mercado dos alimentos e energia. Após a seleção de um cenário determinado em um país, especificando os contextos produtivos e as demandas para alimentos, bioenergia e outros produtos agrícolas, são necessárias cinco etapas para a realização da análise:

- i) determinação do “potencial técnico” para bioenergia, por meio do modelo comentado no início deste capítulo [Smeets et al. (2006)];
- ii) estimativa das curvas de custo para a oferta de alimentos e bioenergia;

- iii) estimativa dos “potenciais econômicos” para bioenergia;
- iv) estimativa dos impactos macroeconômicos da produção bioenergética sobre a renda, emprego e preços; e
- v) avaliação do impacto das mudanças na renda, preço e emprego na segurança alimentar.

Pretende-se, assim, avaliar de forma desagregada os diferentes grupos populacionais que podem ser afetados pelo desenvolvimento da bioenergia, dependendo do cenário para sua expansão no país estudado. Estudos-piloto desse projeto encontram-se em implementação no Peru, na Tanzânia e na Tailândia, com perspectivas de serem expandidos para outros países.

Outros modelos similares e com menor complexidade têm sido apresentados, como nos estudos realizados pelo Instituto Internacional de Pesquisa de Política Alimentar (International Food Policy Research Institute – IFPRI) e pelo Departamento de Agricultura do governo norte-americano (United States Department of Agriculture – USDA). No caso do IFPRI, o Modelo Internacional para a Análise de Política de Commodities e Comércio Agrícola (International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade – Impact), foi utilizado para avaliar as condições futuras de oferta e consumo de alimentos e segurança alimentar para o ano 2020 e anos posteriores, considerando três categorias de demanda – alimentos humanos, rações animais e outros usos –, ajustadas para considerar os biocombustíveis. As matérias-primas consideradas foram milho, cana-de-açúcar, beterraba, trigo e mandioca, para a produção de bioetanol, e soja e outras sementes oleaginosas, para o biodiesel. Com base nas projeções de demanda de biocombustível pelos países e regiões pertinentes, a produção de biocombustível, nesse modelo, foi considerada em três cenários de produtividade e tecnologias.

Entre as principais conclusões desse estudo, sinaliza-se um incremento significativo nos preços dos produtos agrícolas, especialmente da mandioca, sobretudo quando a produtividade agroindustrial é baixa, o que confirma a importância de a bioenergia ser desenvolvida em um marco de eficiência [IFPRI (2006)].

O modelo utilizado pelo USDA para avaliações dos preços agrícolas frente à expansão da produção de biocombustíveis, desenvolvido pelo Serviço de Estudos Econômicos (Economic Research Service – ERS) desse órgão, apresenta um quadro um pouco diferente, no qual o perfil da demanda (com o incremento da demanda de proteínas animais), os efeitos climáticos e os preços da energia têm um papel mais significativo do que a bioenergia sobre o aumento dos preços. Nessa direção, esse estudo aponta que apenas 3% da inflação observada nos preços do milho se devem à produção de bioetanol e indica que os altos preços do petróleo são a causa mais importante. Revendo a evolução dos preços entre 1992 e 2008, observa-se que o petróleo aumentou 547%, as *commodities* (basicamente metais) subiram 286%, em geral, e os alimentos se elevaram em 98%, estimando-se que ao longo dos próximos anos o mercado se equilibre em níveis mais adequados [ERS (2008)].

A expressiva diferença de visões que os dois modelos anteriores apresentam aponta para uma fragilidade inescapável da abordagem por modelos matemáticos, associada à dificuldade

de simular sistemas complexos, sob condições permanentemente transitórias e com comportamentos tipicamente estocásticos. A saída usual tem sido ampliar a complexidade das matrizes utilizadas, aumentando o número de variáveis e expondo como contrapartida uma crônica carência de dados suficientemente detalhados para que o modelo concebido possa ser calibrado e implementado. Mantém-se, assim, a visão estática da realidade, o que limita bastante seu alcance no tempo e a robustez de suas indicações em contextos mais variados. Não obstante, tais modelos são ferramentas de efetivo interesse, que compensam a escassa capacidade preditiva pela efetiva aplicação como ferramenta exploratória de cenários, possivelmente de forma mais qualitativa do que quantitativa. Acredita-se que poderão ser desenvolvidos modelos mais elaborados, que incorporem lógicas adaptativas, e capazes de simular dinamicamente as interações entre os sistemas socioeconômicos e a bioenergia.

### **Evolução dos preços internacionais de interesse para o binômio alimentos-bioenergia**

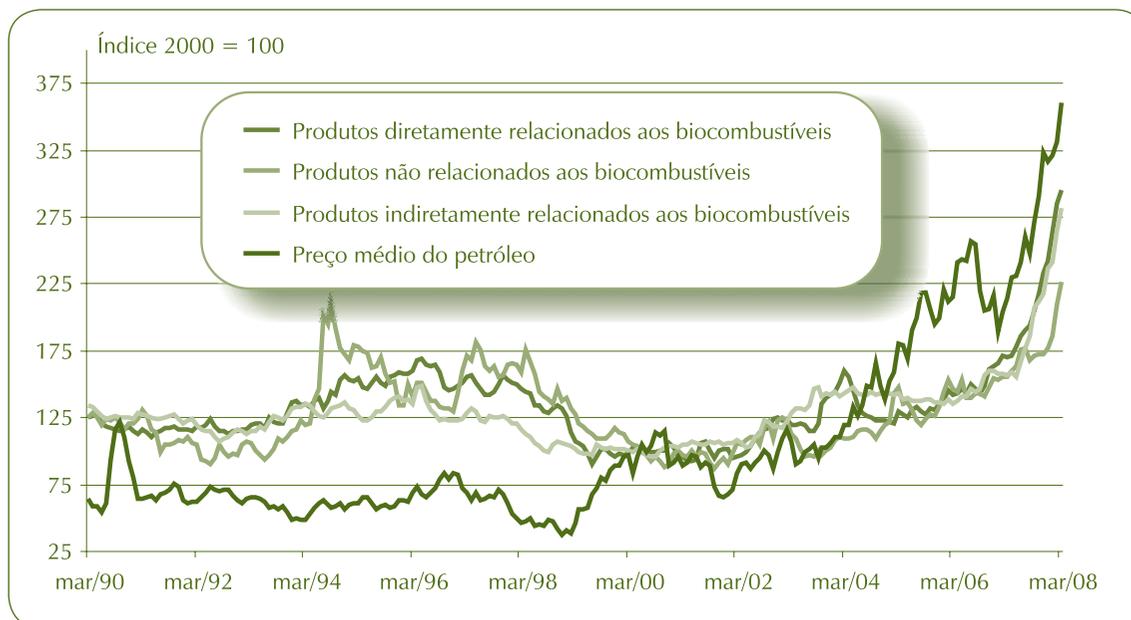
Com o propósito de dar mais consistência à relevante discussão sobre os nexos entre a produção de biocombustíveis e a disponibilidade de alimentos, bem como para procurar caracterizar eventuais correlações entre os preços dos diferentes grupos de produtos, a Unidade de Desenvolvimento Agrícola da Cepal elaborou, com base em dados do Banco Mundial, diversas figuras que sintetizam a evolução dos preços internacionais mais relevantes entre março de 1990 e março de 2008. Essas figuras são apresentadas a seguir, partindo de um caso mais geral e caminhando no sentido de comparações mais específicas. Foram consideradas as diferentes categorias de produtos agrícolas comercializados internacionalmente (*commodities*), agregados segundo sua relação direta, indireta ou não-relevante com a produção de biocombustíveis. Como exemplos de produtos do primeiro grupo, incluem-se o açúcar (que acompanha o preço da cana-de-açúcar), o milho, o óleo de soja e o óleo de palma, enquanto, no segundo grupo, figuram a carne e o trigo e, no último grupo, foram considerados o cacau, o café arábica e robusta, chá e bananas. Não se pretende com esses gráficos demonstrar relações de causa e efeito, mas constatar e avaliar a crescente correlação no comportamento dos preços nos mercados internacionais do petróleo e dos produtos agrícolas, que pode ser explicada por diversas razões, entre as quais a expansão da bioenergia.

O Gráfico 41 ilustra a evolução dos índices de preços do petróleo bruto e três índices simples de preços de produtos agrícolas, agrupados conforme indicado no parágrafo anterior. Desde o início de 2002, mais ou menos, os preços de todos os produtos agrícolas seguiram a tendência geral determinada pelo petróleo bruto, tendência que se tornou mais clara a partir de março de 2007, quando as matérias-primas direta ou indiretamente relacionadas com o biocombustível cresceram em uma taxa bastante similar à do petróleo bruto e de modo bem mais rápido do que a dos produtos não relacionados aos biocombustíveis.

No Gráfico 42, faz-se a distinção entre os produtos associados ao biodiesel (óleos vegetais, de soja e de palma) e ao bioetanol (açúcar e milho). Os dois grupos de produtos mostram uma tendência de subida dos preços desde o início de 2002, mas, durante os dois últimos anos,

as matérias-primas relacionadas ao biodiesel têm subido a um ritmo bem mais rápido do que os produtos associados ao bioetanol, aproximando-se bastante da taxa de crescimento dos preços do petróleo bruto.

**Gráfico 41 – Índices de preço para petróleo bruto e produtos agrícolas  
(Média 2000 = 100)**



Fonte: Rodríguez (2008b).

No Gráfico 43, são discriminados os produtos diretamente associados ao bioetanol. É interessante observar que os preços do milho e do açúcar, as duas *commodities* relacionadas ao bioetanol incluídas nessa análise, evoluíram em direções opostas, especialmente desde 2002 e até a metade de 2007. Desde então, ambos os preços têm aumentado de maneira constante, acompanhando o crescimento nos preços do petróleo bruto.

O preço do petróleo bruto atingiu um pico em julho de 2006, teve uma queda até janeiro de 2007 e tem aumentado a uma taxa constante desde então. Os preços do açúcar e do milho entraram em queda após esse pico, mas a redução foi mais significativa e durou mais para o açúcar do que para o milho. Mais recentemente, os preços dos dois produtos voltaram a aumentar, acompanhando a escalada nos preços do petróleo bruto que começou em fevereiro de 2007, mas com um atraso: a retomada da elevação dos preços foi em maio de 2007, para o milho, e outubro de 2007, no caso do açúcar. Entretanto, o aumento foi bem maior no caso do milho, o qual atingiu o seu mais alto preço médio mensal em março de 2008, 14,4% maior do que o pico histórico anterior, em maio de 1996. Por sua vez, o preço médio do açúcar, em março de 2008, ficou 27% abaixo do nível atingido no pico histórico de fevereiro de

2006. Em outras palavras, o preço do açúcar, que se correlaciona diretamente com o preço da cana-de-açúcar, tem aumentado bem menos que o do milho.

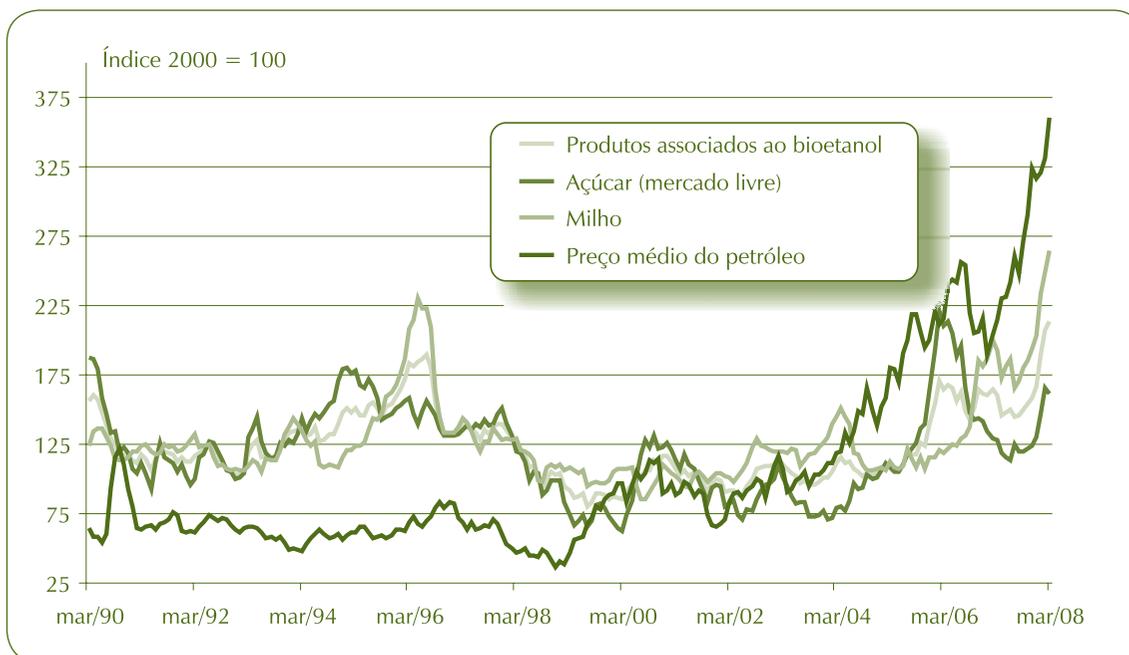
**Gráfico 42 – Índices de preço para petróleo bruto e produtos agrícolas associados ao bioetanol e ao biodiesel (Média 2000 = 100)**



Fonte: Rodríguez (2008b).

Para concluir a exploração do comportamento dos preços e confirmando as constatações anteriores, a Tabela 42 resume a relação entre a evolução dos preços do petróleo e os preços dos produtos agrícolas diretamente ligados aos biocombustíveis. Por esses dados, fica evidente como, de um modo geral, vem aumentando ao longo do tempo sua correlação. Nessa tabela, utiliza-se o coeficiente de correlação simples, parâmetro estatístico que, à medida que se aproxima da unidade, indica o quanto mais forte e positiva é essa correlação. Valores nulos indicam ausência de correlação e valores negativos sinalizam correlação negativa, isto é, os comportamentos divergem. De acordo com os valores da Tabela 42, para o bioetanol, existem diferenças importantes entre o milho e o açúcar, e, no caso do biodiesel, há uma mudança na relação entre seus preços e os preços de petróleo na década de 1990, durante a qual ela foi fraca e negativa, em direção a uma relação forte e positiva após 2000, fortalecendo-se ainda mais após 2005.

**Gráfico 43 – Índices de preço para petróleo bruto e produtos agrícolas associados ao bioetanol**  
(Média 2000 = 100)



Fonte: Rodríguez (2008b).

**Tabela 42 – Coeficientes de correlação simples entre os preços do petróleo e os preços dos produtos diretamente associados aos biocombustíveis, entre janeiro de 1990 e março de 2008**

Produto	Período			
	1990 a 2008	1990 a 1999	2000 a 2008	2005 a 2008
Milho	0.43	0.04	0.76	0.74
Açúcar	0.21	0.03	0.68	0.22
Óleo de soja	0.61	-0.41	0.82	0.89
Óleo de palma	0.42	-0.44	0.81	0.86

Fonte: Rodríguez (2008b).

Conforme indicado nos Gráficos 41, 42 e 43 e na Tabela 42, há uma correlação clara entre os preços do petróleo e dos produtos agrícolas relacionados aos biocombustíveis, embora em níveis bem menores no caso do açúcar, associado à cana-de-açúcar, do que para outros insumos de bio-

etanol. À medida que a pesquisa nesse campo se expandir e mais dados forem disponibilizados, o debate internacional se tornará mais rico e as diversas influências sobre os preços mundiais de alimentos ficarão cada vez mais claras, reduzindo as especulações nesse tema.

## 8.6 Fatores de indução para um mercado global de bioetanol

De uma ampla perspectiva, a adoção do bioetanol como um componente da matriz energética mundial associa-se a alguns fatores que cumpre mencionar, pela relevância própria e o crescente significado no conjunto de motivações que suportam esse biocombustível. O presente capítulo procurou mostrar a existência de potenciais produtivos robustos, demandas crescentes e mercados em consolidação, com impactos limitados sobre a disponibilidade de alimentos e seus preços. Dos parágrafos anteriores, sobressai ainda a grande importância que apresentam as ações de Estado, como balizador desse processo, para potencializar suas vantagens e atenuar seus riscos sob a égide dos interesses maiores da sociedade. Exatamente nesse âmbito, cabem alguns comentários complementares, ressaltando os temas relativos ao papel do bioetanol de cana-de-açúcar na agenda ambiental global e no quadro das negociações internacionais para fortalecer o comércio entre os países.

### Desafios ambientais globais e o bioetanol

Os biocombustíveis, como o bioetanol, têm sido discutidos de maneira explícita nas negociações globais relativas ao meio ambiente, principalmente na Convenção sobre Diversidade Biológica (Convention on Biological Diversity – CBD) e na Convenção-Quadro das Nações Unidas para a Mudança do Clima. A seguir, resumem-se os pontos mais importantes nessas negociações.

No âmbito da Convenção sobre Diversidade Biológica, os biocombustíveis foram o assunto de uma recomendação específica da 12ª sessão do Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice (SBSTA), ou Organismo Auxiliar para Aconselhamento Científico, Técnico e Tecnológico, dessa convenção [CBD (2008)]. Tal recomendação se refere aos aspectos positivos e adversos da produção de biocombustíveis líquidos e sua utilização para a “biodiversidade e bem-estar humano”, indicando que os efeitos benéficos surgem quando sua produção e seu uso estão associados, entre outros aspectos, com: a redução no consumo de combustíveis fósseis; a redução no uso da terra para fins agrícolas associados com o aumento na produção de energia; a diminuição do uso da água das plantações; a redução na conversão de terras agrícolas para outros fins; e o aumento da renda e das oportunidades econômicas em áreas rurais.

Por outro lado, a mesma recomendação indica que os efeitos adversos surgem quando o uso e a produção de biocombustíveis são associados com: a perda, a fragmentação e a degradação de biomas valiosos, tais como florestas naturais, campos, pântanos e terras

turfosas e outros depósitos de carbono, seus componentes de biodiversidade, com perda dos serviços essenciais dos ecossistemas e aumentos nas emissões de gases de efeito estufa devido a essas mudanças; a concorrência pela terra com plantações alternativas, incluindo a terra administrada por comunidades indígenas e pequenos agricultores, e a concorrência com a produção de alimentos, que pode levar à insegurança alimentar, aumento no consumo de água, maior aplicação de fertilizantes e pesticidas, aumento da poluição de água e eutrofização, degradação e erosão do solo; o cultivo não-controlado, a introdução e a propagação de organismos geneticamente modificados; a introdução descontrolada e a disseminação de espécies estranhas; e as emissões da queima de biomassa, com possíveis efeitos adversos para a saúde humana.

Dessa forma, as recomendações da CBD/SBSTA convergem para muitos temas relativos à sustentabilidade da produção de bioetanol de cana-de-açúcar discutidos em capítulos precedentes, como os relativos aos balanços de energia e emissões (locais e globais), impactos sobre os recursos naturais, diversidade biológica, produção agrícola, uso da terra e critérios sociais.

No contexto dos fóruns da Convenção-Quadro das Nações Unidas para a Mudança do Clima, os biocombustíveis têm sido discutidos por suas importantes relações com a mudança climática e as emissões de gases de efeito estufa, decorrentes do uso de combustível e das atividades de reflorestamento/desmatamento, mudança no uso da terra e outras adaptações e reduções nas alterações do clima [UNFCCC (2008)]. O Protocolo de Quioto, decorrente dessa convenção, estabelece metas e compromissos para os países industrializados na redução das emissões, identificando mecanismos que permitem que esses países adquiram e comercializem créditos em emissões por meio de projetos implantados em países em desenvolvimento, os quais podem usar para cumprir seus compromissos. Entre eles, destaca-se o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), cujos projetos devem ser associados a objetivos de desenvolvimento sustentável, envolvendo atividades que não teriam ocorrido de outra forma e resultem em reduções reais e mensuráveis de emissões.

Os dois tipos mais comuns de projetos apresentados estão relacionados ao uso da terra e à produção de energia, confirmando o potencial para projetos voltados para a produção e o uso de bioetanol, ainda pouco explorado. Não obstante, existem exemplos de diversos projetos MDL em andamento ou planejados relacionados à bioenergia, com informações disponíveis sobre as metodologias a serem utilizadas para o cálculo da redução das emissões [CDM (2008)], como já comentado anteriormente neste livro para a co-geração com bagaço de cana.

Certamente, um mercado de bioetanol expandido, se promovido com critérios de sustentabilidade, deve contribuir para que os países produtores e consumidores desse biocombustível possam cumprir os objetivos dos acordos ambientais internacionais.

## Comércio internacional de bioetanol

Como já observado neste capítulo, existem desafios importantes associados à formação de um mercado internacional para o bioetanol. Por exemplo, medidas alfandegárias de caráter protecionista e padrões de qualidade desequilibrados podem afetar as oportunidades dos países em desenvolvimento, potenciais produtores, no acesso ao mercado internacional de bioetanol, do mesmo modo como são restritivas as medidas que buscam exclusivamente o incremento da produção em países industrializados. Existe também a preocupação de que o aumento nas tarifas sobre biocombustíveis nos mercados de países industrializados obrigue os países em desenvolvimento a exportar insumos, tais como correntes açucaradas e óleos vegetais em bruto, deixando a fase industrial da produção dos biocombustíveis, com os benefícios associados pela agregação de valor, para o país importador. Como exemplo de políticas protecionistas, as atuais barreiras tarifárias, como a taxa *ad valorem* de 6,5% sobre importações de biodiesel para a União Européia e a tarifa de 0,54 US\$/galão (0,142 US\$/litro) sobre o etanol importado pelos Estados Unidos, restringem o comércio dos países em desenvolvimento com alguns dos mais importantes mercados consumidores para a bioenergia.

Alguns acordos e iniciativas de promoção de comércio preferencial da União Européia e dos Estados Unidos têm sido desenvolvidos nos últimos anos, procurando oferecer oportunidades para que países potencialmente exportadores de bioetanol se beneficiem do aumento da demanda global por biocombustíveis. Nessa linha, o comércio preferencial da União Européia com países em desenvolvimento se enquadra no Generalised System of Preferences (GSP), ou Sistema Generalizado de Preferências, dos países europeus, em cujo âmbito se encontram a iniciativa Everything But Arms (EBA), ou Tudo Menos Armas, e o Acordo de Cotonou (sucessor da Convenção de Lomé), que afetam o setor de bioetanol. De acordo com o GSP atual, em vigor até o dia 31 de dezembro de 2008, o acesso à União Européia livre de tarifas é oferecido ao álcool desnaturado ou não-desnaturado para os países enquadrados. O GSP também tem um programa de incentivo para produtores e exportadores de etanol que aderem aos princípios de desenvolvimento sustentável e à boa governança [European Commission (2005)]. A iniciativa do EBA oferece, aos países menos desenvolvidos, acesso livre de tarifas e de cotas para as exportações de etanol, ao passo que o Acordo de Cotonou oferece acesso livre a certas importações vindas de países de baixa renda da África, do Caribe e da região do Pacífico. De forma similar, o Acordo Euro-Mediterrânico (Euro-Mediterranean Agreement) também tem disposições para o comércio preferencial em biocombustíveis para certos países no Oriente Médio e no Norte da África.

Nos Estados Unidos, como visto, o etanol pode ser importado sem tarifas desde certos países do Caribe sob a Iniciativa da Bacia do Caribe (Caribbean Basin Initiative), embora existam restrições específicas (quantitativas e qualitativas), dependendo do país de origem da matéria-prima, como visto anteriormente. Também foram propostas disposições para importações de etanol livre de tarifas nas Negociações Comerciais de Livre Comércio entre a América Central e os Estados Unidos [Yacobucci (2006)]. Embora esses acordos não alterem o quadro geral de restrições ao comércio de biocombustíveis, representam saudáveis exceções e devem ser valorizados.

As questões-chave para a promoção do comércio internacional de bioetanol incluem: a classificação para fins tarifários dos produtos biocombustíveis como bens agrícolas, industriais ou ambientais; o papel dos subsídios no aumento da produção; e a consistência entre as diversas medidas em âmbito doméstico e os requisitos da Organização Mundial do Comércio (OMC). Visto que a agroindústria dos biocombustíveis não existia quando as regras atuais da OMC foram elaboradas, os biocombustíveis não estão sujeitos ao sistema de classificação HS (Harmonized Standard ou Norma Harmonizada). Isso cria incertezas, pois é essa norma que caracteriza os produtos dentro dos acordos específicos da OMC. Por exemplo, o bioetanol é considerado um produto agrícola e, portanto, está sujeito ao Anexo 1 do Agreement on Agriculture (AoA), ou Acordo sobre Agricultura, da OMC, enquanto o biodiesel é considerado um produto industrial e, dessa forma, não está sujeito às regras do AoA.

Alguns membros da OMC têm sugerido que combustíveis renováveis, incluindo o bioetanol, deveriam ser classificados como “produtos ambientais” e, portanto, estariam sujeitos a negociações sob o grupo de “Produtos e Serviços Ambientais” [Steenblik (2005)]. Nesse contexto, nos comitês para o desenvolvimento da Rodada de Doha, promovida pela OMC para diminuir as barreiras comerciais em todo o mundo, foram iniciadas negociações sobre “a redução ou, conforme apropriado, a eliminação de barreiras tarifárias ou não-tarifárias para bens e serviços ambientais”, mas as discordâncias ainda continuam sobre a identificação dos produtos ambientais, sobre o escopo e abordagem a ser utilizada na liberação do comércio nesses produtos e sobre mecanismos para atualizar regularmente a lista de produtos.

Os biocombustíveis continuarão a ser um fator importante nas tratativas da Rodada de Doha. Alguns analistas têm sugerido que, por seu impacto nos mercados agrícolas, os biocombustíveis podem salvar as negociações sobre o comércio agrícola que vêm sendo encaminhadas com dificuldade pela OMC [Turner (2006)]. Outros são mais pessimistas e consideram que

as novas oportunidades comerciais que estão sendo abertas nos países industrializados com o forte interesse em biocombustíveis provavelmente não serão protegidas pelo sistema baseado em regras da OMC, mas na forma menos confiável de decisões unilaterais de um país para permitir que importações atendam uma determinada demanda doméstica [IIED (2007)].

Nesse esquema, uma tarifa poderia continuar a existir, mas não seria aplicada, ou uma tarifa mais baixa seria aplicada para um determinado volume de importações, antes que a tarifa máxima fosse aplicada. Desse modo, caso seja possível comprovar que as importações são politicamente sensíveis, porque os produtores ou processadores locais foram ameaçados, ou porque os padrões ambientais existentes na produção do biocombustível importado foram considerados inadequados pelos consumidores, as fronteiras poderiam fechar novamente, sem possibilidade de recurso para o país ou empresa exportadora.

As condições que cercam a Rodada de Doha reproduzem bem as dificuldades para as negociações globais na construção de um mercado saudável para os biocombustíveis, e é nesse

contexto que os países produtores têm de tomar decisões e definir estratégias para o fomento ao bioetanol, visando atender adequadamente às suas perspectivas de desenvolvimento e às demandas de energia, agricultura e comércio. Essas estratégias deverão ser avaliadas à luz dos benefícios econômicos, equidade desses benefícios, limites ambientais, balanços energéticos nacionais e oportunidades internacionais de comércio, considerando a entrada em um futuro mercado internacional de bioetanol ou priorizando o uso do bioetanol nacional para o desenvolvimento rural e para fornecimento de energia para uso doméstico.

Essas decisões dependerão principalmente da perspectiva que um país estabelece para o bioetanol. Uma visão de curto prazo para as partes produtoras e compradoras aumentaria o enfoque sobre as exportações e a garantia do suprimento energético, enquanto uma visão de longo prazo poderia dar preferência à igualdade social no desenvolvimento rural e aos benefícios ambientais mundiais. Entretanto, é importante notar que os mercados nacionais podem pavimentar o caminho para o comércio internacional ao estabelecer a infra-estrutura necessária e fornecer a experiência na gestão dos sistemas produtivos dos biocombustíveis.

Em qualquer caso, é fundamental reconhecer que, na proposição de programas consistentes para a produção e o uso de biocombustíveis, particularmente de bioetanol, em países onde essa tecnologia energética ainda inexistente, é imperativo que sejam realizadas avaliações e estudos prévios detalhados e abrangentes, para que se estabeleçam metas coerentes à base de recursos existentes. A bioenergia não é uma panacéia, pois não irá atender sozinha à demanda energética do mundo moderno e suas vantagens se potencializam em contextos específicos, como foi reiteradamente apresentado neste trabalho. Possivelmente, a maior recomendação nesse ponto seja valorizar a agregação de conhecimento e proceder a uma análise acurada das implicações energéticas, ambientais, econômicas e sociais.

Como conclusão, pode-se dizer que um mercado global para o bioetanol deverá ser uma realidade em poucos anos. Sua magnitude e abrangência entre os países dependerão de diversos elementos que ainda estão se delineando, tais como decisões políticas dos países em relação aos seus mercados internos, discussões sobre critérios de sustentabilidade, negociações de comércio internacional e reação da sociedade civil nos países em desenvolvimento e nos países industrializados, compondo uma equação complexa e dinâmica. Sem dúvida, o bioetanol apresenta um potencial global e, portanto, exige a cooperação mundial.

