EBC

Núcleo de Estudos de Economias de Baixo Carbono

Cimento

Prof. Dr. Marcelo Pinho

Ribeirão Preto

2012

Equipe de Coordenação do Projeto Economia de Baixo Carbono

Coordenação Geral – Rudinei Toneto Junior
Coordenação Geral Adjunta – Marcelo Pinho

Coordenação do Modelo de Equilíbrio Geral: Angelo Costa Gurgel

Coordenação SASTEC – Banco de Dados de Tecnologias: Geciane Silveira Porto e Sérgio Kannebley

Coordenação de Estudos Setoriais
Uso do Solo, Pecuária e grãos - Geraldo Bueno Martha Junior e Elísio Contini
Biocombustíveis – André Luis Squarize Chagas
Siderurgia - Germano Mendes de Paula
Alumínio – Clésio Lourenço Xavier
Cimento – Marcelo Pinho
Petróleo e Petroquímico – Eduardo Luiz Machado
Automobilístico e Aeronáutica – Cláudio Ribeiro de Lucinda

Consultores Temáticos: Energia, Eficiência Energética e Tecnologias Verdes
Paulo Seleghim Junior
Oswaldo Baffa

Auxiliares de Coordenação
Beatriz Selan
Gabriela Eusébio

Este projeto foi realizado com recursos do Fundo de Estruturação de Projetos (FEP) do BNDES. O conteúdo é de exclusiva responsabilidade dos autores, não refletindo, necessariamente, a opinião do BNDES. Informações sobre o FEP encontram-se em HTTP://www.bndes.gov.br.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE DE RIBEIRÃO PRETO
CONTRATO DE COLABORAÇÃO FINANCEIRA NÃO-REEMBOLSÁVEL
N° 11.2.0488.1
FUNDACE – BNDES

ECONOMIA DE BAIXO CARBONO: AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DE RESTRIÇÕES E PERSPECTIVAS TECNOLÓGICAS

INDÚSTRIA DO CIMENTO

Relatório Final

Marcelo Pinho

Lourenço G. D. Faria

RIBEIRÃO PRETO-SP
DEZEMBRO – 2012

Sumário

Introdução 1

1. Caracterização Setorial 3

2. Quadro Internacional 8

2.1. Produção, Consumo e Comércio Internacional 8

2.1.1. Demanda 8

2.1.2. Produção 12

2.1.3. Comércio Internacional 15

2.2. Estrutura de Mercado 21

2.3. Estratégias das Líderes Mundiais 28

2.4. Dinâmica Tecnológica 31

3. Quadro Nacional 37

3.1. Produção e Consumo 37

3.2. Comércio Exterior 42

3.3. Estrutura de Mercado e Concorrência 48

3.4. Competitividade Internacional 57

4. Impactos Ambientais e Emissões de Carbono 67

4.1. Impactos Ambientais Locais 68

4.2. Impactos Ambientais Globais 71

4.2.1. Emissões de Carbono e Intensidade Energética 71

4.2.2. Mudanças Climáticas e Regulatórias 74

4.2.3. Emissões de Carbono e Mudança Tecnológica 80

5. Análise do Impacto das Mudanças Institucionais e Tecnológicas no Brasil 95

Referências Bibliográficas 103

Índice de Figuras

Figura 1 - Esquema Simplificado de Fabricação de Cimento Portland 3

Índice de Quadros

Quadro 1- Classificação dos Tipos de Cimento Portland Segundo as Normas da ABNT 6
Quadro 2 - Tipos de Cimento Fabricados por Grupos Cimenteiros no Brasil.....53
Quadro 3 - Movimentos de Internacionalização das Empresas Cimenteiras Brasileiras (2000-2010) .56
Quadro 4 - Projeção da Capacidade Produtiva no Brasil por Empresa.....57
Quadro 5 - Previsão da Expansão da Capacidade Produtiva no Brasil por Região (mt/ano).....57
Quadro 6 - Fábricas de Cimento Instaladas no Brasil (2011).....59
Quadro 7 - Evolução dos Limites de Emissões de Poluentes Atmosféricos na União Europeia (mg/Nm³) ..70
Quadro 8 - Limites de Emissões de Poluentes Atmosféricos no Brasil para Fábricas Novas e Antigas (mg/Nm³) ...70
Quadro 9 - Consumo de Energia Térmica em Diferentes Configurações de Fornos de Cimento (MJ/t de Clínquer)....82

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Consumo de Cimento per Capita (kg/hab) por Países (2005 e 2009) 10
Gráfico 2 - Participação na Produção Mundial de Cimento (1999-2009) 13
Gráfico 3 - Distribuição da Produção Mundial por Países e Grupos de Países (2000 e 2011) 14
Gráfico 4 - Distribuição de Frequência das Alíquotas de Importação de Cimento – Número de Países..... 20
Gráfico 5 - Participação da Divisão de Cimento nas Receitas e nos Lucros de Grupos Líderes (2011) 29
Gráfico 6 - Evolução da Produção Brasileira de Cimento (1970-2010) 38
Gráfico 7 - Preço do Saco de 50 kg de Cimento Portland por Unidades da Federação (junho de 2012).....42
Gráfico 8 - Cimento – Coeficientes de Importação e Exportação no Brasil (%) 43
Gráfico 9 - Importações Brasileiras de Cimento por Estado de Destino (toneladas).....45
Gráfico 10 - Exportações Brasileiras de Cimento por Estado de Origem (toneladas) 46
Gráfico 11 - Evolução das Importações e Exportações de Cimento (mt) 47
Gráfico 12 - Exportações e Importações Brasileiras de Clínquer (mt).....48
Gráfico 13 - Distribuição da Produção Brasileira de Cimento por Grupos Empresariais – em % (2010) 50
Gráfico 14 - Consumo de Energia Térmica na Indústria do Cimento em 2009 (MJ/t de clínquer) 63
Gráfico 15 - Consumo de Energia Elétrica na Indústria do Cimento em 2009 (kWh/t de cimento) 64
Gráfico 16 - Conteúdo Energético e Intensidade em Carbono de Várias Fontes de Energia.....86

Índice de Boxes

Box 1 - A Indústria de Cimento na China 27
Box 2 - A Trajetória da Empresa Líder na Produção de Equipamentos para a Indústria do Cimento ..32

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Consumo de Cimento – Principais Países Consumidores 8
Tabela 2 - Produção de Cimento – Principais Países Produtores 15
Tabela 3 - Produção, Consumo e Comércio Exterior de Cimento no Mundo e na China (Mt) 16
Tabela 4 - Principais Países Exportadores e Importadores de Cimento (Mt) 17
Tabela 5 - Evolução de Cinco Grandes Grupos Cimenteiros Ocidentais (1995/2011) 26
Tabela 6 - Distribuição da Receita dos Grupos Líderes na Indústria de Cimento por Região (%) 28
Tabela 7 - Distribuição da Receita dos Grupos Líderes na Indústria de Cimento por Produto (%) 28
Tabela 8 - Distribuição das Vendas Domésticas de Cimento no Brasil por Tipo de Consumidor 39
Tabela 9 - Produção e Consumo de Cimento por Estados e Regiões 41
Tabela 10 - Importações Brasileiras de Cimento por País de Origem (toneladas) 44
Tabela 11 - Exportações Brasileiras de Cimento por País de Destino (toneladas) 46
Tabela 12 - Distribuição da Produção de Cimento por Regiões e por Grupos Empresariais (2010) 51
Tabela 13 - Capacidade e Escala Média na Fabricação de Cimento (2011) 61
Tabela 14 - Consumo de Energia na Indústria de Cimento Brasileira (em %) 62
Tabela 15 - Emissões de CO_2 por Tonelada de Cimento 72
Tabela 16 - Impactos de Mudanças Institucionais e Regulatórias – Respostas ao Questionário 78
Tabela 17 - Projeções de Consumo de Energia e Emissões de CO_2 em 2050 na Indústria do Cimento 80

Introdução

Este é o relatório final da pesquisa sobre a indústria do cimento, desenvolvida no âmbito do projeto “Economia de Baixo Carbono: Avaliação de Impactos de Restrições e Perspectivas Tecnológicas”, conduzido pela Fundação para Pesquisa e Desenvolvimento da Administração, Contabilidade e Economia (Fundace) com a colaboração financeira não reembolsável do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). O propósito central deste relatório é discutir como o conjunto de mudanças institucionais e tecnológicas associadas à mitigação das emissões de carbono e das mudança climáticas afetam a indústria de cimento, contribuindo para o debate sobre as estratégias públicas e privadas de ajustamento a esse contexto. Para que essa discussão disponha de fundamentos sólidos, a discussão dos temas principais deste relatório é precedida por uma análise abrangente da estrutura de mercado e da concorrência no setor de cimento no Brasil e no Mundo.

Do ponto de vista metodológico, este relatório se baseia tanto em fontes de informação primária quanto secundária. Entre estas, cabe destacar dados estatísticos compilados por associações empresariais, relatórios de pesquisa e um levantamento na imprensa econômico-financeira de reportagens recentes sobre as empresas líderes do setor. Foram consultados também *sites* e relatórios de empresas, entidades empresariais e órgãos governamentais com atuação relevante sobre o setor e os temas estudados.

Além da informação secundária, a pesquisa que desemboca neste relatório procurou também colher informações com agentes e especialistas vinculados ao setor. Os autores conseguiram agendar e realizar entrevistas presenciais com José Otávio Carvalho, presidente do SNIC (Sindicato Nacional da Indústria do Cimento), e Yushiro Kihara, gerente de tecnologia da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) e professor do Instituto de Geociências da USP (Universidade de São Paulo). Por telefone, entrevistamos também Daniel Mendonça, gerente de certificação da qualidade e meio-ambiente da Cimpor do Brasil, e Valéria Soares Pereira, gerente de meio-ambiente da Holcim (Brasil) S/A.

Além disso, enviamos por email questionários objetivos a 50 especialistas no setor, cujos nomes foram identificados a partir da consulta a fontes setoriais, notadamente o SNIC, e um levantamento na base Lattes de currículos de

pesquisadores mantida pelo CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico). A lista foi composta por 35 pesquisadores acadêmicos e 15 profissionais vinculados às empresas e entidades empresariais. Infelizmente, apesar das solicitações insistentes e reiteradas, foram obtidas poucas respostas a esse questionário. Além dos já referidos Yushiro Kihara (ABCP), Daniel Mendonça (Cimpor) e Valéria Pereira (Holcim), os respondentes foram: Gonzalo Visedo (SNIC), Edvaldo Araújo Rabelo (Votorantim Cimentos), Seiiti Suzuki (Intercement), Oscar Rubem Klegues Montedo (Unesc – Universidade do Extremo Sul Catarinense), Guilherme Chagas Cordeiro (UENF – Universidade Estadual do Norte Fluminense) e Jorge Luís Akasaki (Unesp – Universidade Estadual Paulista)[1]. Ainda que o número de respondentes tenha sido pequeno, sua qualificação – expressa numa experiência profissional com a indústria do cimento, em média, acima de 20 anos – sugere que os resultados desse levantamento são relevantes para a pesquisa.

Além desta breve introdução, este relatório é composto por cinco capítulos. O primeiro visa a fornecer uma caracterização dos principais processos produtivos e produtos da indústria do cimento. Os dois capítulos subsequentes tratam, em âmbito nacional e internacional respectivamente, de prover uma avaliação da evolução do mercado de cimento, de sua configuração estrutural, das estratégias competitivas das empresas líderes e da dinâmica tecnológica setorial. Partindo dessa base, o quarto capítulo desenvolve os temas centrais desta pesquisa, apresentando os principais impactos ambientais, locais e globais, decorrentes da produção de cimento e discutindo no contexto setorial as mudanças institucionais e tecnológicas vinculadas à transição para uma economia de baixo carbono. Por fim, o quinto capítulo sintetiza os efeitos dessas mudanças sobre a indústria do cimento brasileira e apontar os eixos principais de uma estratégia de ajustamento do setor a tal contexto.

---

[1] A todos os entrevistados e interrogados, que gentilmente cederam dispuseram de seu tempo para contribuir com esta pesquisa, os autores consignam um agradecimento que é mais especial em vista das dificuldades que cercaram a pesquisa de campo. Naturalmente, isso não implica compartilhar a responsabilidade pelas informações, análises e pontos de vista aqui expressos, que é indelegavelmente nossa.

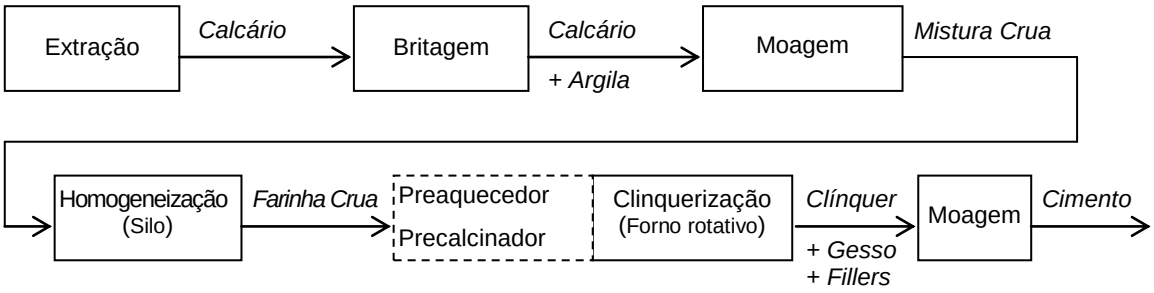
1. Caracterização Setorial

O cimento é um material de grande utilidade para a construção civil. Após ser misturado à água e reagir com ela, adquire resistência mecânica e apresenta capacidades aglomerantes que não são encontradas em outros produtos com nível de preço semelhante. Sua composição química é complexa e varia de forma significativa. Embora o predomínio caiba sempre aos óxidos de cálcio, também estão presentes no cimento óxidos de silício e, em menor quantidade, de alumínio e de ferro.

A fabricação do cimento portland[2] se supre de duas matérias-primas básicas: o calcário[3] e a argila (Figura 1). O primeiro é submetido a britagem para atingir um diâmetro máximo de 25 mm, a granulometria apropriada à fase seguinte do processo, em que o calcário é moído em conjunto com a argila. O material obtido – a mistura crua – é homogeneizado em silos que servem apenas a esse propósito. Na etapa seguinte de processamento, ocorrem as transformações químicas críticas para a produção do cimento. Depois de um pré-aquecimento a uma temperatura entre 700 ^{o}C e 800 ^{o}C, a farinha crua é submetida a uma chama que atinge 2.000 ^{o}C. Nesse processo, o componente mais importante do calcário, o carbonato de cálcio ($CaCO_3$), é descarbonatado.

Figura 1

Esquema Simplificado de Fabricação de Cimento Portland



Fonte: Elaboração própria.

---

[2] O cimento portland se diferencia dos "cimentos" naturais por ser resultado de transformações químicas ocorridas durante o processo industrial de fabricação.

[3] As características mineralógicas e químicas exigidas do calcário adequado para a fabricação de cimento incluem elevado teor de calcita, teores baixos de sílica, óxidos de ferro e alumínio, além de um conteúdo máximo de 3% de carbonato de magnésio (DNPM, 2009).

Os fornos de calcinação são equipamentos rotativos de grande porte, levemente inclinados e revestidos com refratários, para proteger a carcaça e evitar a dispersão do calor. Embora em gerações mais antigas fossem ainda maiores, na atual os fornos rotativos têm tipicamente diâmetro de 4 m a 6 m e comprimento de 60 m. As indivisibilidades e economias geométricas que cercam a implantação e operação desses fornos fazem com que esta etapa do processo seja muito intensiva em capital fixo e sujeita a escalas mínimas eficientes relativamente altas[4]. No interior dos fornos de calcinação, a temperatura do material em processamento eleva-se a 1.450 ^{o}C, deflagrando diversas reações químicas até se produzir um semiproduto chamado clínquer. Entre as fases em que esse processo pode ser decomposto destacam-se a calcinação, que corresponde à descarbonatação do calcário propriamente dita, e a sinterização, quando ocorre a formação do material que recebe o nome de clínquer.

A fabricação do clínquer é a etapa central do processo de produção de cimento. As duas principais alternativas tecnológicas para esse processo são a "via úmida" e a "via seca". Embora a primeira tenha sido desenvolvida anteriormente, ainda no final do século XIX, a via seca é hoje largamente predominante, exceto em países como a Rússia e a Ucrânia em que o calcário tem alto teor de umidade (MÜLLER & HARNISH, 2008: 19). Na medida em que pode dispensar a zona de processamento em que no caso da via úmida se processa a evaporação da água, os fornos que operam a via seca se caracterizam pela menor dimensão, maior produtividade e, sobretudo, menor consumo de energia térmica[5]. Não são poucas as variantes dessa tecnologia, mas na configuração hoje predominante destaca-se a preocupação em aproveitar o calor residual dos gases de exaustão dos próprios fornos e dos resfriadores de clínquer. Conquanto não sejam estritamente

---

[4] Uma alternativa aos fornos rotativos que é compatível com a operação em escala muito inferior é a dos fornos verticais (*shaft vertical kilns*, em inglês). A capacidade desses fornos se situa tipicamente na faixa de 50 a 300 t/dia, enquanto a dos fornos rotativos varia entre 2.000 e 12.000 t/dia. Apesar da imobilização muito menor de capital, pesam contra os fornos rotativos duas desvantagens críticas: maior consumo de energia e restrições quanto à qualidade do produto, tanto em termos de homogeneidade quanto de alcance das especificações requeridas para usos estruturais mais exigentes. Uma proporção declinante, mas ainda significativa, do cimento chinês é fabricada em fornos desse gênero.

[5] Em contrapartida, a via seca tende a gerar uma maior quantidade de material particulado e, portanto, desperdício de materiais, a menos que se implantem equipamentos e técnicas adequadas de controle.

indispensáveis, preaquecedores têm sido empregados com esse propósito desde os anos 1930 e precalcinadores se difundiram a partir dos anos 1970. Ambos contribuem de forma decisiva para a eficiência energética do processo.

Combustíveis fósseis – coque de petróleo, carvão mineral, gás natural e óleo combustível – são as fontes convencionais de calor para um processo que é intensivo em energia e libera na atmosfera enorme quantidade de CO_2, não só pela queima dos combustíveis, mas também pela descarbonatação do calcário. A etapa de produção do clínquer é responsável por 90% das emissões de carbono na indústria de cimento (HUMPHREYS & MAHASENAN, 2002 *apud* REHAN & NEHDI, 2005: 106), constituindo, assim, o ponto crítico para que o setor seja um dos principais emissores de CO_2. Estima-se que cerca de 5% de toda a geração humana de gás carbônico tenha origem diretamente na indústria do cimento (DAMTOFT *et alii*, 2008: 116). Em termos absolutos, estimativas mais recentes apontam um volume total de emissões da ordem de 2,3 bilhões de t de CO_2 (IEA, 2012: 402). Nesse contexto, entende-se que a atenuação dos impactos ambientais e o incremento da eficiência energética sejam dois objetivos de primeira ordem no desenvolvimento tecnológico do setor.

Antes de passar à próxima etapa de processamento, o clínquer deve ser resfriado rapidamente, mas de forma controlada. Somente após o resfriamento, o clínquer pode ser moído, geralmente com uma pequena proporção (4% a 7%) de gesso, componente que retarda a “pega” – o endurecimento depois da mistura com a água – de modo a permitir que o cimento seja trabalhado e moldado. Outros materiais, como a escória de alto-forno siderúrgico, as cinzas volantes da queima de carvão ou a pozolana (cinza vulcânica), são misturados ao clínquer na moagem final. Servem como adições ou “fillers”, isto é, materiais de custo mais baixo que o clínquer e que, tendo também características ligantes, podem substituí-lo parcialmente. O produto dessa moagem final é o cimento.

O cimento é usado amplamente em quase todas as fases dos processos construtivos. Daí decorre sua condição de material industrial mais utilizado pela humanidade. Com efeito, usa-se cimento para produzir concreto com fins estruturais (fundações, vigas, pilares, lajes, pisos, pontes, viadutos, túneis, represas e pavimentação de estradas), argamassas (para assentamento, revestimento,

chapisco, rejuntamento e regularização) e vários tipos de artefatos (blocos, pisos, tubos, telhas, postes e peças pré-fabricadas em geral) (PINHO, 2008).

As normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) classificam os tipos de cimento cinza primariamente com base nos materiais empregados em sua fabricação. As categorias resultantes estão relacionadas no Quadro 1. Os tipos de cimento são desdobrados adicionalmente em função da resistência mecânica[6], da resistência a sulfatos e do calor de hidratação. Por exemplo, um cimento CP III-40 RS é um cimento de alto-forno (proporção de 35% a 70% de escória) com resistência à compressão de 40 MPa (≈ 400 kgf/cm^2) e capacidade de resistência a sulfatos. Afora os cimentos cinza, existem os cimentos brancos, que podem servir ou não a usos estruturais. Na fabricação de cimento branco usa-se caulim no lugar da argila. Apesar do maior preço, sua importância é muito menor do que a dos cimentos cinza. No Brasil, o consumo de cimento branco não passou em 2010 de 0,27% do total. Desde 2008, não há produção de cimento branco no País.

Quadro 1

Classificação dos Tipos de Cimento Portland Segundo as Normas da ABNT

Designação	Sigla	Clínquer e Gesso	Escória de Alto-Forno	Material Pozolânico	Material Carbonático
Comum	CP I	100%	-		
Comum com Adição	CP I-S	95%-99%	1%-5%		
Composto com Escória	CP II-E	56%-94%	6%-34%	-	0%-10%
Composto com Pozolana	CP II-Z	76%-94%	-	6%-14%	0%-10%
Composto com Filler	CP II-F	90%-94%	-	-	6%-10%
de Alto-Forno	CP III	25%-65%	35%-70%	-	0%-5%
Pozolânico	CP IV	45%-85%	-	15%-50%	0%-5%
de Alta Resistência Inicial	CP V-ARI	95%-100%	-	-	0%-5%

Fonte: ABNT, Normas NBR 5732, NBR 11578, NBR 5735, NBR 5736, NBR 5733.
Notas:
1) Proporções máximas em massa de cada material.
2) Material pozolânico refere-se às pozolanas naturais e às cinzas volantes da queima de carvão e o material carbonático, a calcário com teor mínimo de 85% de carbonato de cálcio ($CaCO_3$).

A discussão precedente não implica que seja grande a diversidade entre os cimentos usados mais frequentemente. Alguns usos realmente exigem cimentos com especificações bem precisas. Em galerias de esgoto e obras marítimas, por exemplo, requer-se resistência a sulfatos, identificada pela sigla RS na designação

[6] Trata-se a rigor da resistência à compressão, medida normalmente após um período de 28 dias de cura.

do produto. Do mesmo modo, grandes obras e concreto massa demandam cimentos de baixo calor de hidratação (BC) para que se mantenha sob controle a dilatação. Além disso, quando, por razões técnicas ou econômicas, o tempo de cura deve ser menor do que o usual, são usados cimentos de alta resistência inicial[7] (CP V-ARI). Apesar disso, cimentos que atingem a resistência padrão (32 MPa) no prazo usual (28 dias), sem restrições quanto à sua composição, podem ser usados na maioria das aplicações. Mais ainda, mesmo nas aplicações mais peculiares costuma haver opções de tipo de cimento. Exemplificando, a resistência a sulfatos pode ser obtida com cimentos de alto-forno (CP III), pozolânicos (CP IV) e de alta resistência inicial (CP V-ARI). Não são pequenas, por conseguinte, as possibilidades de substituição entre as classes de cimentos.

A fabricação de cimento é geralmente um empreendimento bastante verticalizado. Para minimizar o custo de transporte, as unidades industriais são implantadas junto às jazidas de calcário. Não são, no entanto, incomuns situações diferentes, com fábricas especializadas na moagem final, o que ocorre principalmente, mas não apenas, com unidades instaladas junto a grandes usinas siderúrgicas para aproveitar o suprimento de escória, que é complementado com clínquer fornecido por outras fábricas. Na outra ponta da cadeia, empresas cimenteiras têm se mostrado muito ativas na integração da produção de argamassas e concretos, cabendo, no entanto, a fabricação de artefatos de cimento a empresas menores e especializadas nessa atividade. A verticalização das cimenteiras a jusante é favorecida pela difusão de técnicas mais industrializadas de construção, que induzem a substituição de operações realizadas nos canteiros por componentes pré-fabricados. No caso dos materiais, isso implica que argamassa e concreto passam a ser dosados e misturados por fornecedores, que muitas vezes são diretamente vinculados a empresas produtoras de cimento.

---

[7] É o caso da produção de artefatos de cimento e pré-moldados. Uma vantagem crítica desses cimentos é o aumento da produtividade dos moldes usados para a fabricação de artefatos e premoldados. A norma da ABNT estipula que cimentos de alta resistência inicial devem alcançar uma resistência mínima de 34 MPa com sete dias de cura.

2. Quadro Internacional

2.1. Produção, Consumo e Comércio Internacional

2.1.1. Demanda

O consumo mundial de cimento expandiu-se no final do século XX e início da década passada a um ritmo muito intenso para um bem cujo mercado é comumente apontado como exemplo de mercado maduro. A partir da Tabela 1 pode-se inferir que a taxa média anual de crescimento do consumo atingiu 3,6% entre 1992 e 2000. Na década passada, acelerou-se e atingiu 8,3% no período 2000-2010. Ao menos em termos globais, pode-se dizer que o dinamismo do consumo mundial do produto resistiu até mesmo aos efeitos da crise econômica internacional iniciada em 2008. Embora nesse ano tenha se desacelerado e crescido a meros 1,6%, demanda de cimento voltou a crescer a um ritmo muito forte em 2009 (6,4%) e, mais ainda, em 2010 (10,3%).

Tabela 1

Consumo de Cimento – Principais Países Consumidores

	Consumo de Cimento (Milhões de Toneladas)							Part. %	Δ% Média Anual	
Países	1992	2000	2006	2007	2008	2009	2010	2010	1992-10	2000-10
China	302,7	580,5	1.218,1	1.345,3	1.369,9	1.622,2	1.874,1	56,6	10,7	12,4
Índia	52,9	97,3	152,6	166,4	181,5	185,1	214,8	6,5	8,1	8,2
EUA	75,4	109,5	127,4	114,8	96,8	70,5	70,4	2,1	-0,4	-4,3
Brasil	24,1	39,7	41,0	45,1	51,6	51,9	60,0	1,8	5,2	4,2
Irã	9,5	22,5	34,8	40,0	43,5	47,8	55,0	1,7	10,2	9,3
Egito	14,4	21,8	34,3	36,8	39,6	47,9	53,9	1,6	7,6	9,5
Vietnã	n.d.	13,7	32,7	35,5	40,0	47,9	52,7	1,6	n.d.	14,4
Rússia	62,4	31,0	52,5	60,5	60,3	44,0	50,5	1,5	-1,2	5,0
Turquia	26,0	31,5	41,6	42,5	40,6	41,1	47,7	1,4	3,4	4,2
Coréia do Sul	46,7	48,0	48,4	50,8	50,6	48,5	45,3	1,4	-0,2	-0,6
Japão	82,8	72,3	58,6	56,8	51,4	44,3	41,8	1,3	-3,7	-5,3
Indonésia	17,6	22,3	32,0	34,2	38,1	38,5	40,8	1,2	4,8	6,2
Arábia Saudita	15,0	15,5	25,0	26,6	35,0	36,6	39,8	1,2	5,6	9,9
Itália	44,5	38,3	46,9	46,4	41,8	36,1	33,9	1,0	-1,5	-1,2
México	25,6	29,4	35,9	36,8	35,1	34,4	33,9	1,0	1,6	1,4
Mundo	1.237,0	1.640,9	2.588,2	2.778,8	2.824,0	3.004,7	3.313,0	100,0	5,0	8,3

Fontes: SNIC, Cembureau e BNDES (1995: 8).

O desempenho do consumo de cimento na China é, sem dúvida, o principal responsável por esse quadro. Em 2010, o país demandou 57% de todo o cimento utilizado no planeta. A contribuição da China para a ampliação do consumo foi ainda mais impressionante: nada menos que três quartos do incremento entre 1992 e 2010

tiveram origem nesse país. Comparativamente ao que ocorre na China, as vigorosas expansões que também estão ocorrendo nos mercados de vários países em desenvolvimento – especialmente, na Ásia e no norte da África – acabam tendo menor importância. O consumo no Brasil, por exemplo, cresceu 51% entre 2000 e 2010, mas o incremento de 20,3 Mt (milhões de toneladas) representou apenas 1,2% da ampliação do consumo mundial (Tabela 1). Nesse mesmo período, enquanto a taxa anual de crescimento do mercado na China foi de 12,4%, no resto do mundo não passou de 3,1% e no Brasil, de 4,2%.

No período mais recente, a discrepância entre o dinamismo do mercado chinês de cimento e a evolução no restante do mundo se tornou mais aguda. Entre 2006 e 2010, enquanto na China o consumo acumulava um crescimento de 54% – equivalentes a 650 Mt adicionais –, nos outros países, a combinação de queda na demanda nos países desenvolvidos e expansão bem mais moderada no conjunto dos países em desenvolvimento desenhava um quadro que escassamente escapa da estagnação .

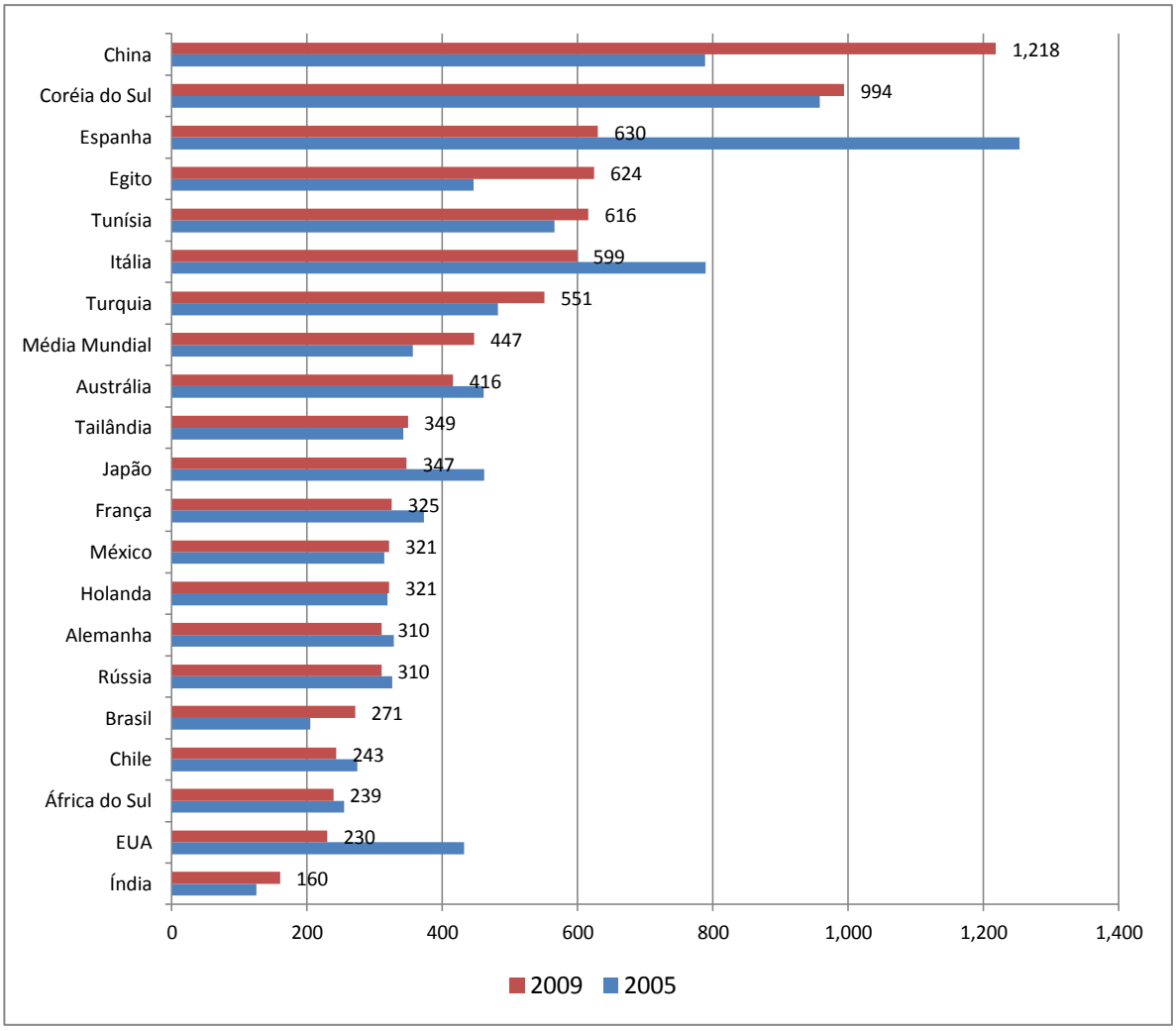
Exceto pela concentração na China, a distribuição do mercado de cimento por países é mais equilibrada do que na maioria dos produtos. Os nove países que se seguem no *ranking* internacional de consumo respondem em conjunto por um quinto do consumo mundial de cimento. Além disso, destacam-se no mercado de cimento países que habitualmente não assumem posições de liderança em listas desse tipo. Mais do que a segunda posição da Índia, com 6,5% do mercado de cimento em 2010 e proporção um pouco maior (8,2%) de contribuição para a expansão durante a década passada, deve-se registrar a presença entre os dez maiores consumidores de países com rendas per capita relativamente baixas e expansões aceleradas do mercado de cimento, como o Irã, Egito e o Vietnã.

Dados sobre o consumo per capita indicam que os países em desenvolvimento têm efetivamente uma importância peculiar no mercado de cimento. O Gráfico 1 aponta situações à primeira vista paradoxais. Pares de países com níveis de desenvolvimento e rendas per capita tão diferentes entre si quanto Espanha e Egito, Itália e Tunísia, França e México e Japão e Tailândia, tiveram consumos médios de cimento praticamente iguais. Além disso, muitos países desenvolvidos, inclusive os quatro maiores – EUA, Japão, Alemanha e França – apresentam consumos per capita do produto abaixo da média mundial. A retração

do investimento produtivo, que foi mais pronunciada nos países ricos, explica em parte esse quadro, mas suas raízes são mais estruturais.

Gráfico 1

Consumo de Cimento per Capita (kg/hab) por Países (2005 e 2009)



Fonte: SNIC (2011a).
Nota: Os valores referem-se ao consumo per capita em 2009.

Em PINHO (2008), com base em dados per capita referentes ao período anterior à crise, calculou-se um coeficiente positivo, mas relativamente baixo (0,368), para a correlação entre o PIB e o consumo de cimento. Mais do que isso, argumentou-se que, no caso do cimento, o pico da intensidade do uso – a relação entre consumo de um bem e o nível de renda – ocorre a patamares baixos de renda per capita. O comportamento da intensidade do uso é compatível com os encadeamentos do cimento com uma atividade tão difundida quanto a construção civil, mas, sobretudo, com os usos predominantes do material nas operações mais básicas da construção. Moradias robustas são demandadas assim que a renda se

alça acima do nível de subsistência, ao passo que a construção de residências de mais alto padrão gasta uma proporção bem menor de seu orçamento em cimento[8]. Por outro lado, a construção da infra-estrutura básica atinge seu ponto de saturação a níveis de renda abaixo dos atualmente registrados nos países desenvolvidos (AÏTCIN, 2000: 1350).

É compreensível, portanto, que a intensidade do uso do cimento seja cinco vezes maior nos países árabes do norte da África do que nos integrantes do G-7[9]. De toda maneira, o nível de intensidade do uso alcançado na China é cerca de dez vezes maior do que o registrado nos países desenvolvidos e está indubitavelmente acima dos padrões observados nas séries internacionais desse indicador. Em 2007, o consumo per capita de cimento nesse país entrou na casa dos 1.000 kg e, não obstante, continuou a crescer nos anos seguintes. Esse é o patamar que, de acordo com a experiência de outros países, está associado ao pico do consumo de cimento por habitante. No entanto, na Coréia do Sul e em países mediterrâneos da Europa, esse nível de consumo foi atingido quando o PIB per capita se encontrava muito acima do nível chinês atual. Em 2009, o consumo per capita de cimento na China (1.218 kg) foi muito próximo ao da Espanha (1.274 kg) no ano de 2005, durante o auge da bolha imobiliária neste país. Dadas as diferenças de PIB per capita, isso implica que, em 2009, a intensidade do uso do produto na China foi duas e meia vezes maior do que a registrada no pico do consumo de cimento na Espanha. As evidências combinadas de intensidade do uso invulgarmente elevada e, sobretudo, de consumo per capita no patamar de saturação de mercado tornam improváveis expansões adicionais significativas no mercado chinês de cimento.

Existem também importantes disparidades de consumo entre países de nível semelhante de desenvolvimento. Em 2005, em pleno *boom* dos investimentos imobiliários nos EUA, o consumo per capita de cimento era 20% menor do que na Europa Ocidental. A prevalência de técnicas de construção mais intensivas em

---

[8] CUNHA e FERNANDEZ (2003: 151) citam estudos do SNIC (Sindicato Nacional da Indústria do Cimento) e do Sinduscon-Rio (Sindicato da Indústria de Construção do Estado do Rio de Janeiro) que estimam que a parcela do custo do cimento no preço médio dos imóveis na cidade do Rio de Janeiro varia de 4,3% em Madureira a 0,8% na Lagoa.

[9] As comparações subsequentes entre países são feitas com base em indicadores de intensidade do uso computados levando em conta PIBs per capita convertidos em dólares norte-americanos pela taxa de câmbio de paridade de poder de compra. Os dados básicos encontram-se em PINHO (2008).

outros materiais[10] – estruturas metálicas, madeira e gesso – explica essa diferença. Diferenças no ritmo do investimento produtivo também têm um impacto importante, já que o consumo de cimento depende essencialmente dos componentes imobiliário e de infra-estrutura da formação bruta de capital fixo. Em países nos quais as taxas de investimento são mais elevadas, *ceteris paribus*, o consumo de cimento é maior. É provavelmente essa a razão principal para que o nível de consumo da China se situe tão acima da "curva teórica" enquanto nos países latino-americanos, inclusive o Brasil, fica nitidamente abaixo.

2.1.2. Produção

Acompanhando o comportamento do consumo, a produção mundial de cimento cresceu a uma taxa média de 5,6% ao ano entre 1990 e 2011, mais que triplicando durante esse período. As 3,6 bilhões de toneladas de cimento que, segundo informações preliminares, teriam sido produzidas neste último ano posicionam o cimento como o material de transformação industrial fabricado em maior quantidade no planeta.

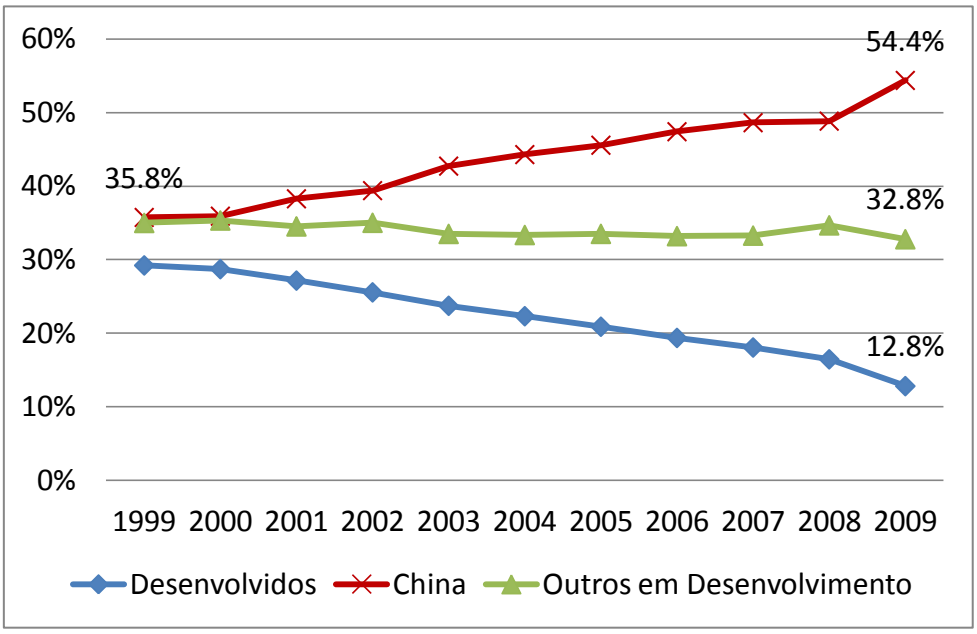
Os números agregados para o mundo inteiro ocultam, contudo, um comportamento muito variado por grupos de países. Da mesma maneira que no consumo, o grande responsável pelo dinamismo recente da fabricação de cimento é a China (Gráfico 2 e Tabela 2). A produção chinesa de cimento decuplicou no período 1990-2011, o que fez sua parcela no total mundial subir de 18% para 57%. Nada menos que 76% do aumento da produção mundial de cimento nesses 21 anos ocorreu em território chinês. Considerando que as exportações representam uma parcela ínfima do mercado para o cimento fabricado na China, compreende-se que foi o consumo interno nesse país o fator preponderante no dinamismo recente da indústria. Duas comparações ajudam a dimensionar o vigor do mercado chinês de cimento: o consumo na China no ano de 2010 foi de 1.874 Mt, mais do que o volume acumulado durante os 18 anos anteriores (1993-2010) nos EUA e do que a soma de toda a série histórica (1950-2010) de consumo do produto no Brasil.

---

[10] O uso mais intenso de outros materiais na construção está associado ao encarecimento da mão de obra ao longo do processo de desenvolvimento, o qual induz o uso de processos construtivos menos intensivos em trabalho. Além disso, o preço relativo de materiais substitutos, efeitos de *lock-in* associados à aprendizagem cumulativa e mesmo o clima também interferem na escolha dos materiais.

Gráfico 2

Participação na Produção Mundial de Cimento (1999-2009)



Fonte: SNIC, Relatórios anuais.

Conquanto em menor medida, outros países também contribuíram para a expansão recente da produção de cimento. O restante da Ásia expandiu sua produção nos vinte anos entre 1990 e 2010 em 279%. As 451 Mt adicionais responderam por 21% da elevação da produção mundial de cimento, cabendo à Índia pouco mais de um terço desse incremento. Todo o resto do mundo, portanto, teria contribuído com apenas 2%. Esse número é, contudo, enganador, já que nos países desenvolvidos, sob o impacto da recente crise econômica, a tendência anteriormente prevalecente de crescimento lento se converteu em reduções expressivas tanto da produção quanto do consumo de cimento. Um caso exemplar, ainda que mais dramático, é o do Japão. Em 2010, a produção japonesa de cimento foi 48% inferior ao pico de 99,6 Mt alcançado em 1996. A produção de 2007 já tinha sido 32% menor do que o nível recorde, mas a crise agravou a situação. Antes da crise, o panorama era mais favorável nos EUA e na União Europeia, mas a *débâcle* que se seguiu foi pior: entre 2007 e 2009, a produção norte-americana caiu 32% e a europeia, 25%. Dados posteriores indicam na maior parte desses países uma estabilização dos níveis de produção em patamares um quarto a um terço inferiores aos registrados anteriormente.

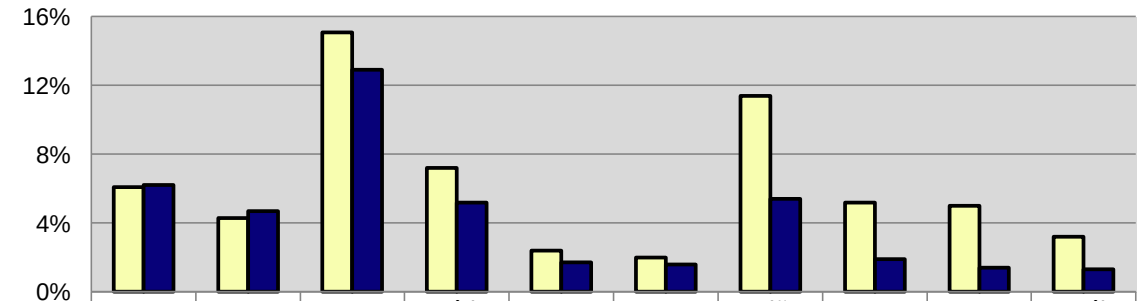
Portanto, a continuidade da expansão da fabricação mundial de cimento nos últimos anos dependeu ainda mais fortemente do que nas últimas duas décadas do

comportamento da indústria nos países em desenvolvimento. De 2007 a 2011, a produção chinesa de cimento aumentou 702 Mt. Num conjunto de países em desenvolvimento que se destacam na produção do produto e para os quais as informações estão disponíveis – Índia, Turquia, Brasil, Indonésia, México e Arábia Saudita –, a expansão foi menor, porém também significativa: 112 Mt. No mesmo período, a produção mundial aumentou 802 Mt.

O Gráfico 3, que enfoca o período 2000-2011, sintetiza a evolução recente da distribuição da produção mundial de cimento. Apesar dos percalços associados à crise, nesses onze anos, o crescimento se acelerou e atingiu uma taxa média anual de 7,4%, mas das grandes regiões produtoras apenas a Índia e a África, além da China, lograram aumentar levemente sua participação no total fabricado mundialmente. Isso significa que as produções indiana e africana se expandiram em ritmo superior à média mundial, puxada pela China. Já a participação do conjunto dos países desenvolvidos caiu acentuadamente, de 25% para 10%.

Gráfico 3

Distribuição da Produção Mundial por Países e Grupos de Países (2000 e 2011)



	Índia	África	Outros Asiáticos	América Latina	Brasil	Rússia	União Européia	EUA	Japão	Coréia do Sul
2000	6.1%	4.3%	15.1%	7.2%	2.4%	2.0%	11.4%	5.2%	5.0%	3.2%
2011	6.2%	4.7%	12.9%	5.2%	1.7%	1.6%	5.4%	1.9%	1.4%	1.3%

Fontes: Ver Tabela 2.

Em decorrência dessas discrepâncias nos ritmos de crescimento, houve muitas e importantes mudanças na hierarquia dos países na indústria do cimento. Entre 1990 e 2010, caíram de posição no *ranking* dos maiores produtores o Japão (de 3º para 8º), a Itália (de 6º para 15º) e outros países de peso na União Europeia. Enquanto isso, subiram nessa ordenação a Índia (de 5º para 2º), a Turquia (de 12º para 4º) e o Brasil (de 10º para 6º). A Tabela 2 mostra que, assim como no caso do consumo, a hierarquia atual na produção do cimento é bem diferente da vigente na

maioria dos produtos industriais. Contam-se entre os dez maiores produtores de cimento países como o Irã, o Vietnã e o Egito, que, em setores tecnologicamente mais complexos e dinâmicos, têm posição bem inferior. Com efeito, além do perfil peculiar da demanda, a possibilidade de avançar no ranking de produtores de cimento é favorecida pela maturidade tecnológica da indústria. Note-se que, juntamente com a China e a Índia, são países com esse perfil os que mais se destacam em termos de taxas de crescimento. No Brasil, o crescimento da produção tem ocorrido, como se discutirá mais adiante, a um passo que é mais oscilante e, na média, inferior à média mundial. Por conta disso, mesmo subindo no *ranking*, a participação do País no total mundial regrediu, entre 1990 e 2011, de 2,2% para 1,8%.

Tabela 2

Produção de Cimento – Principais Países Produtores

	Produção (milhões de toneladas)							Part. %	Δ% Média Anual	
Países	1990	2000	2007	2008	2009	2010	2011	2010	1990-10	2000-10
China	209,7	586,4	1.379,0	1.401,2	1.657,1	1.881,9	2.063,2	56,3	11,6%	12,4%
Índia	47,3	101,8	172,9	186,1	190,0	213,9	223,5	6,4	7,8%	7,7%
EUA	71,3	87,8	95,5	86,5	64,0	65,5	67,7	2,0	-0,4%	-2,9%
Turquia	25,4	38,1	50,8	53,4	57,6	62,7	63,4	1,9	4,6%	5,1%
Irã	n.d.	24,7	40,0	44,4	48,8	61,3	n.d.	1,8	n.d.	9,5%
Brasil	25,8	39,9	47,2	52,3	51,7	59,2	63,9	1,8	4,2%	4,0%
Vietnã	n.d.	n.d.	35,8	36,3	47,7	55,0	n.d.	1,6	n.d.	n.d.
Japão	84,5	85,9	71,4	67,6	59,6	51,7	51,5	1,5	-2,4%	-5,0%
Rússia	n.d.	33,0	60,1	53,5	45,7	50,4	56,1	1,5	n.d.	4,3%
Egito	n.d.	20,4	40,1	40,1	46,9	48,2	n.d.	1,4	n.d.	9,0%
Coréia do Sul	33,6	52,2	54,4	55,1	52,2	47,4	48,3	1,4	1,7%	-1,0%
Arábia Saudita	n.d.	18,2	30,4	37,4	37,8	42,5	47,0	1,3	n.d.	8,9%
Indonésia	15,8	31,3	39,9	41,8	39,7	39,5	45,2	1,2	4,7%	2,4%
México	23,8	32,1	39,2	37,7	35,4	34,5	39,8	1,0	1,9%	0,7%
Itália	40,9	39,0	47,4	43,0	36,4	34,4	33,1	1,0	-0,9%	-1,2%
Mundo	1.156,8	1.647,0	2.797,7	2.841,5	3.033,0	3.344,0	3.600,0	100,0	5,5%	7,3%

Fontes: Dados de 2011 - Cembureau (2012); Dados de 2000 a 2010 – Relatórios anuais do SNIC; dados de 1990 – GOMES *et alii* (1997).

Nota: A partir de 2010, não estão disponíveis nas fontes consultadas dados relativos a dois países importantes ma produção de cimento: Tailândia e Paquistão. Em 2009, esses dois países foram responsáveis respectivamente por 1,2% e 1,0% do total da produção mundial.

2.1.3. Comércio Internacional

O baixo valor unitário e a perecibilidade do cimento são fatores que se combinam para dificultar a comercialização do cimento a longa distância e diminuir a importância do comércio internacional do produto não só no Brasil, mas, em menor medida, quase no mundo inteiro (HAGUENAUER, 1996: 56; CUNHA & FERNANDEZ,

2003: 154). Com o advento da crise, essa característica estrutural do setor se acentuou e a relação entre o total das exportações e o consumo em nível mundial, que se situava na casa dos 7% em meados da década passada, caiu para 5,0% em 2009. Excluindo-se, porém, o mercado chinês, no qual as importações são realmente inexpressivas, o coeficiente de comércio internacional alcança um patamar mais elevado: 11% em 2009. Os efeitos da crise também aqui se fizeram sentir, revertendo-se a tendência de alta perceptível neste coeficiente entre 2000 e 2006 (Tabela 3).

Tabela 3

Produção, Consumo e Comércio Exterior de Cimento no Mundo e na China (Mt)

	Mundo			China			Resto do Mundo		
Anos	Produção	Exportação	Coef.	Consumo	Importação	Coef.	Consumo	Imports.	Coef.
2000	1.647	127	**7,7%**	581	1,4	**0,2%**	1.060	126	**11,8%**
2001	1.700	133	**7,8%**	621	2,8	**0,5%**	1.073	130	**12,1%**
2002	1.811	131	**7,2%**	700	2,4	**0,3%**	1.114	129	**11,5%**
2003	2.017	140	**6,9%**	809	2,5	**0,3%**	1.205	137	**11,4%**
2004	2.182	150	**6,9%**	929	2,7	**0,3%**	1.250	147	**11,8%**
2005	2.345	175	**7,5%**	1.028	1,2	**0,1%**	1.306	174	**13,3%**
2006	2.608	190	**7,3%**	1.218	1,1	**0,1%**	1.370	189	**13,8%**
2007	2.798	184	**6,6%**	1.345	0,6	**0,0%**	1.433	183	**12,8%**
2008	2.842	172	**6,1%**	1.370	0,6	**0,0%**	1.454	171	**11,8%**
2009	3.033	153	**5,0%**	1.622	0,8	**0,1%**	1.383	152	**11,0%**

Fontes: Dados de produção, consumo e exportações mundiais – SNIC, Relatórios anuais de 2004 a 2011; importações chinesas – COMTRADE; importações e coeficientes de comércio – cálculo próprio.
Nota: A importações do resto do mundo foram estimadas por resíduo a partir dos dados das importações chinesas e do total mundial das exportações, isto é, presumindo igualdade entre exportações e importações em nível mundial. Foi necessário assumir essa hipótese porque tanto os dados de importações do SNIC quanto os do COMTRADE apresentam lacunas significativas nos últimos anos.

O comércio internacional de cimento foi afetado, sobretudo, pela abrupta redução da demanda nos dois países que encabeçavam a lista de importadores em meados da década passada. Nos EUA, as importações diminuíram 81% entre 2006 e 2009, suprimindo 28,7 Mt do mercado internacional de cimento; na Espanha, a redução foi de 80% (10 Mt) entre 2007 e 2009 (Tabela 4). O aumento das importações de alguns países, especialmente do Qatar e de Angola, não foi suficiente para compensar quedas tão pronunciadas em mercados de maior magnitude. No conjunto do mercado mundial, a retomada do consumo e da produção de cimento não se estendeu ao comércio internacional.

Tabela 4

Principais Países Exportadores e Importadores de Cimento (Mt)

Exportadores	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Turquia	8,6	10,4	10,4	10,7	10,5	7,2	8,2	14,2	20,4	19,0
China	6,0	5,0	5,2	7,0	22,2	36,1	33,0	26,0	15,6	16,6
Tailândia	15,2	15,5	12,2	11,2	15,7	14,7	18,2	14,3	14,5	14,3
Paquistão	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,9	1,9	4,6	9,8	11,3	9,7
Japão	7,6	8,2	9,6	14,4	14,5	14,5	9,6	11,0	11,0	10,0
Taiwan	3,4	3,9	5,0	5,7	7,0	6,7	7,4	7,7	8,2	7,4
Alemanha	3,8	3,9	5,7	6,2	6,7	7,3	8,7	8,9	7,0	7,3
Índia	5,1	6,3	8,9	9,6	9,5	9,3	6,7	5,7	5,8	6,0
Irã	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,6	5,5	5,3
Coréia do Sul	n.d.	3,4	3,1	4,1	6,0	6,2	6,3	6,5	4,6	5,8
Malásia	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	3,7	3,8	3,9	4,5	4,2
Indonésia	7,9	7,9	7,3	7,6	4,3	7,3	7,8	4,9	4,0	3,0
Grécia	5,7	4,0	4,4	4,9	5,6	4,4	4,2	4,6	3,9	4,1
Canadá	5,1	5,1	6,4	5,8	5,5	5,0	5,5	4,2	3,4	n.d.
Espanha	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,0	2,3	2,8	3,8
Importadores	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Bangladesh	5,2	5,5	5,9	5,0	5,4	6,3	7,2	7,6	9,5	12,5
Nigéria	6,0	6,0	6,4	6,0	6,2	8,3	8,6	7,3	6,3	5,6
Estados Unidos	25,9	24,2	24,0	27,0	33,2	35,5	22,7	10,7	6,2	5,6
Iraque	0,0	2,0	2,3	2,4	4,4	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cingapura	4,2	4,0	3,8	2,9	3,1	3,1	3,8	4,2	4,6	4,3
Angola	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,5	1,5	2,1	3,8	4,6	3,4
Afeganistão	n.d.	n.d.	n.d.	0,7	1,6	3,0	2,4	3,8	4,5	4,7
Qatar	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,8	2,6	3,9	4,0	n.d.
Vietnã	1,6	3,1	3,5	3,9	4,0	4,2	n.d.	3,7	3,6	2,5
Holanda	2,8	3,4	3,1	3,8	3,9	3,7	3,6	3,7	3,5	3,3
Itália	3,2	3,9	4,5	5,0	5,0	4,6	4,3	3,4	3,2	3,1
Em. Árabes Unidos	n.d.	n.d.	2,4	3,4	5,2	4,4	6,8	5,7	3,1	n.d.
França	2,0	2,6	2,5	2,6	2,9	3,4	4,1	4,2	3,0	n.d.
Espanha	6,6	7,5	8,2	8,8	10,7	12,8	13,9	7,2	2,8	n.d.
Kuwait	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,9	2,2	2,7	2,8	n.d.
Taiwan	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,7	1,8	2,3	2,8	3,5

Fonte: SNIC – Relatórios Anuais de 2004 a 2011.
Nota: A tabela está ordenada com base nas exportações e importações de 2009, ano para o qual está disponível um conjunto mais amplo de dados.

Dos 15 maiores exportadores de cimento apenas cinco exportaram mais em 2010 do que em 2006: Turquia, Espanha e quatro países asiáticos (Paquistão, Taiwan, Irã e Malásia). As diminuições das vendas externas foram particularmente grandes na China (redução de 54% ou 19,5 Mt a menos), Japão (31% ou 4,5 Mt) e Índia (35% ou 3,3 Mt)[11]. Entre os países que nesse período marcado pela crise aumentaram as exportações de cimento, os destaques cabem à Turquia (aumento

[11] Também o Egito experimentou uma forte redução das suas exportações, mas os dados publicados pelo SNIC não permitem dimensioná-la quantitativamente.

de 164% ou 11,8 Mt) e ao Paquistão (411% ou 7,8 Mt). Esses dois países e a Tailândia são os únicos dos 20 maiores produtores de cimento que, em 2009, apresentaram coeficiente de exportações acima de 30%. Alemanha e Malásia superaram os 20% e o Japão esteve bem perto disso. Nos demais, a parcela exportada da produção ficou, quase invariavelmente, abaixo de 10%[12]. Em particular, nos três países que mais produzem cimento no mundo, os coeficientes de exportação são muito pequenos: de acordo com dados de 2009, 0,9% na China, 3,0% na Índia e 1,4% nos EUA.

Portanto, a orientação de parcelas importantes da produção para mercados externos é muito mais exceção do que regra na indústria do cimento. As exportações raramente são a razão precípua dos investimentos numa indústria em que o frete constitui parcela significativa do preço final do produto (ver seção 2.2). Justamente por isso, as transações internacionais frequentemente atendem mercados regionais, com suprimentos a partir de fornecedores instalados próximos aos locais de consumo, não raro em áreas fronteiriças. Assim, por exemplo, exportações alemãs chegam aos mercados da França e Holanda, enquanto as canadenses dirigem-se majoritariamente aos EUA. Não se deve, todavia, concluir que o comércio a longa distância seja completamente inviável em qualquer circunstância. Segundo a entidade empresarial local, ¼ das importações espanholas em meados da década passada tinham origem na China.

Da Tabela 4 pode-se depreender também que o mercado internacional de cimento é claramente mais pulverizado do ponto de vista das importações do que das exportações, embora tampouco nesta perspectiva deva ser considerado muito concentrado. As condições para implantação local da fabricação do cimento não são muito seletivas, mas tamanhos de mercado capazes de suportar as escalas mínimas eficientes e jazidas competitivas de calcário não estão presentes em países de menor extensão e economias de menor porte. Efetivamente, dos 15 países que mais consumiram cimento nos últimos anos, apenas três – Estados Unidos e Vietnã e

---

[12] Em 2009, ano em que é maior a disponibilidade dos dados requeridos para o cálculo, os coeficientes de exportação de cimento dos países referidos foram os seguintes: Turquia (35%), Paquistão (37%), Tailândia (38%), Alemanha (23%), Malásia (21%) e Japão (18%). Também na Indonésia o coeficiente alcançou o patamar de 10%.

Espanha[13] – se posicionam também entre os 15 maiores importadores do produto e nenhum deles com coeficiente de importação acima de 10% do seu mercado.

Adicionalmente ao comércio de cimento, existe um fluxo internacional relevante de um produto semiacabado importante na indústria de cimento: o clínquer. Dados da World Statistical Review, publicada pelo Cembureau, mostram que, entre 2000 e 2009, as exportações mundiais de clínquer movimentaram uma quantidade do produto equivalente a 32% do cimento comercializado em escala internacional. O comércio de clínquer cresceu não só em volume, mas também em importância relativa de 2000 a 2007[14], mas nos anos de crise que se seguiram caiu de forma ainda mais pronunciada do que o comércio de cimento. A quantidade de clínquer exportada caiu nada menos que 27,4% em 2009 com relação a 2007.

Não surpreendentemente, o ranking dos países que se destacam na exportação de clínquer é integrado por países que também despontam na exportação de cimento, ainda que não necessariamente nas mesmas posições. Tailândia, China, Japão, Indonésia, Índia e Turquia são os países que, pela ordem, mais exportaram clínquer no período 2000-2009. Há alguns fluxos regulares de certa importância: da Tailândia para Bangladesh e Vietnã; da China para os Emirados Árabes Unidos e Bangladesh; da Indonésia para Bangladesh; e da Turquia para a Itália. Afora esses fluxos mais estáveis, que denotam situações de complementaridade produtiva entre países quase sempre relativamente próximos entre si, as importações de clínquer parecem exercer a função de instrumento de ajuste da oferta em contextos de aquecimento da demanda. A Espanha, por exemplo, figurava entre os principais importadores até 2008, mas nos últimos anos passou a ter destaque também como exportador.

Embora não seja irrelevante, o comércio internacional de clínquer certamente não é suficiente para alterar a caracterização da indústria de cimento como uma atividade pouco aberta ao comércio internacional. O Gráfico 4 sumaria os resultados de um levantamento sobre as tarifas alfandegárias vigentes na importação de

---

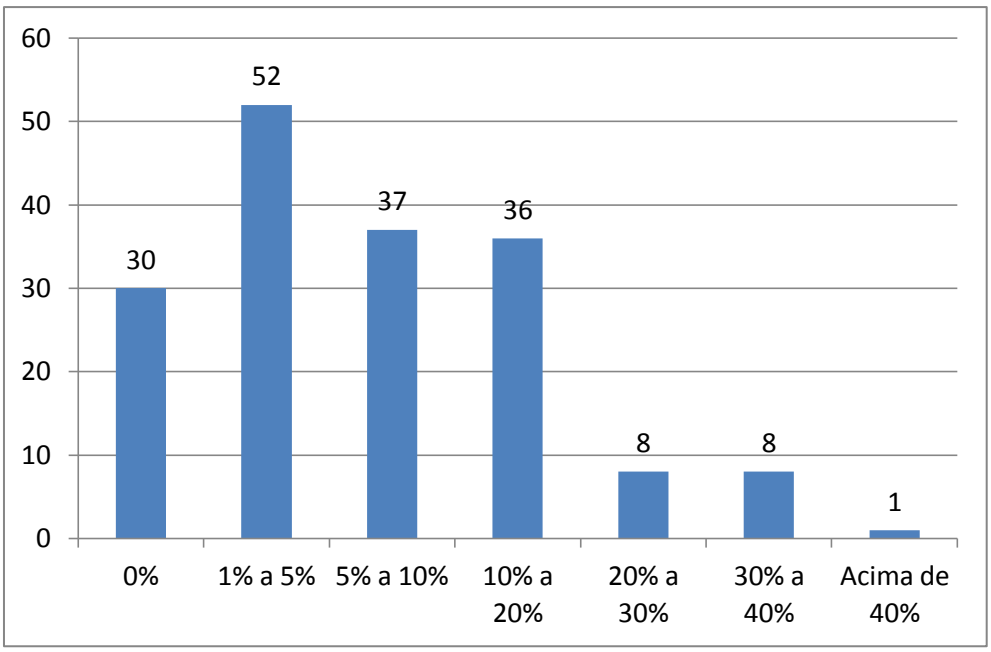
[13] No caso da Espanha, deve-se acrescentar que, além das importações terem diminuído, as exportações foram ampliadas, de modo que o país deixou de ser importador líquido de cimento em 2009.

[14] A relação entre as quantidades de clínquer e cimento comercializadas internacionalmente aumentou de 26% no ano 2000 para 36% em 2007 e, em seguida, decresceu para 31% em 2009.

cimento portland que fundamenta a avaliação de que neste setor as principais barreiras ao comércio não são de natureza institucional. Efetivamente, o gráfico mostra que em apenas 17 países (10% do total) as alíquotas superam 20% e em outros 36 países (21% do total) situam-se entre 10% e 20%. Nos demais países, as tarifas sobre a importação de cimento ficam abaixo de 10%. A tarifa média no conjunto de 172 países é 9,9%, mas a mediana é 6,2% e a tarifa modal, a que ocorre com maior frequência, 0%. Cabe notar também que dos 38 países que impõem tarifas acima de 15%, 28 são africanos e o Vietnã é único que faz parte da relação dos 15 maiores mercados de cimento. Tudo isso indica que, embora as tarifas aduaneiras sejam usadas ativamente como instrumento de promoção da implantação local de fábricas de cimento nos estágios iniciais de desenvolvimento, não são elas o principal obstáculo a uma maior comercialização do produto.

Gráfico 4

Distribuição de Frequência das Alíquotas de Importação de Cimento – Número de Países



Fonte: TRAINS-Unctad.
Nota: As classes foram delimitadas como intervalos fechados em seu limite superior.

2.2. Estrutura de Mercado

O grau de concentração da indústria de cimento, tipicamente elevado ao menos em nível regional e nacional[15], pode ser em boa medida explicado por barreiras estruturais à entrada. A propensão dos processos de fabricação a economias de escala, a forte intensidade em capital fixo e o acesso a jazidas de calcário com condições adequadas tanto do ponto de vista de composição quanto de localização são obstáculos que se colocam a novos entrantes no setor.

As economias de tamanho no âmbito da produção industrial não fogem do padrão habitual de indústrias que operam em regime de processamento contínuo. Nelas, o trabalho humano não atua diretamente na transformação de insumos em produtos, realizada fundamentalmente por um conjunto articulado de máquinas e equipamentos. Em decorrência desse nível de automação da produção, o setor está sujeito a indivisibilidades e economias geométricas, que têm efeitos importantes sobre o custo unitário do capital fixo, o rendimento dos insumos energéticos e a produtividade da força de trabalho, encarregada na maior parte das vezes de funções como monitoramento e controle, as quais, em boa medida, são desvinculadas da escala industrial. Na fabricação de cimento, o forno de calcinação é a etapa em que retornos crescentes de escala se manifestam de forma mais vigorosa. O aumento do porte do forno não só reduz o investimento por unidade de capacidade instalada como também melhora a eficiência energética, ajudando a explicar os resultados encontrados por NEWMARK (1998: 244), que, citando estudos dos anos 60 e 70, sustenta que o custo total médio de uma fábrica de cimento cai ⅓ quando a capacidade cresce de 250 mt/ano para 1 Mt/ano.

As estimativas quanto à escala mínima eficiente de uma fábrica de cimento integrada, que inclui a produção de clínquer e a moagem do cimento, convergem para um patamar em torno de 1 Mt/ano. HAGUENAUER (1996: 56) aponta uma produção mínima de 900 mt/ano, mas indica que fábricas implantadas na Ásia chegam a ter capacidade de cerca 5 Mt/ano. Considerando o padrão habitual de grau de ocupação, aquele nível menor de produção corresponde precisamente à escala “típica” referida para a Europa em CEMBUREAU (1998: 8). O SNIC (Sindicato

---

[15] Uma importante exceção a essa afirmação é o caso chinês (Ver Box 1).

Nacional da Indústria do Cimento) sustenta uma escala mínima de 1Mt/ano e um investimento entre US$ 200 milhões e US$ 300 milhões. Existem, porém, tetos para os benefícios associados à ampliação da escala. MÜLLER e HARNISCH (2009: 19) sustentam que a evolução dos fornos rotativos teria alcançado seus limites técnicos em equipamentos com escala de 5.000 t/dia, correspondentes a fornos com cerca de 6 m de diâmetro e 100 m de comprimento. A partir dessas dimensões, o próprio peso do equipamento gera problemas, como rachaduras no revestimento refratário. Além disso, haveria deseconomias de escala no escoamento da produção, já que fábricas maiores requerem, tudo o mais constante, maiores raios de comercialização. Não obstante, a trajetória de ampliação das escalas dos fornos rotativos aparentemente não foi sustada. Em 2009, a Holcim inaugurou nos EUA um equipamento com capacidade para 12.000 t/dia[16].

Há maior disparidade nas estimativas de imobilização de capital que estão associadas a investimentos em plantas com as escalas ótimas. HAGUENAUER (1996: 56) relata inversões entre US$ 150 e US$ 250 por tonelada de capacidade instalada. ANDRADE *et alii* (2002: 37) apontam cifras parecidas: investimento inicial de US$ 150 milhões e prazo de maturação de 2 a 3 anos. Investimentos anunciados pelo grupo Camargo Corrêa em 2010 em fábricas no Brasil, em Angola e no Paraguai embutem, em todos os casos, custos iniciais de US$ 250 por tonelada de capacidade, valor igual ao apontado em PCA (2006). De todo modo, um levantamento internacional na edição de outubro de 2007 da Global Cement Magazine, uma importante publicação especializada no setor, aponta cifra bem menor: cerca de US$ 120 por tonelada (PINHO, 2008). O levantamento revela, porém, considerável variação nos custos de investimento e valores ainda mais baixos na China, país em que o prazo de maturação também seria menor. Nos EUA, em contrapartida, o investimento seria mais caro, aproximando-se daquele patamar de US$ 250 por tonelada.

Como a indústria do cimento é um setor cuja principal matéria-prima, o calcário, é relativamente abundante, mas de valor unitário muito baixo, um fator fundamental para a produção a custo competitivo é a disponibilidade de jazidas que

---

[16] Em 1990, entrou em operação na Tailândia o primeiro forno com capacidade de 10.000 t/dia. Trata-se de um porte tres vezes superior ao dos maiores equipamentos postos em operação no início dos anos 70 e quase oito vezes acima do recorde registrado em 1953 (1.300 t/dia). Comparativamente, portanto, a evolução das duas últimas décadas foi modesta.

atendam tanto aos critérios técnicos quanto de proximidade aos mercados consumidores. A incapacidade de ter acesso à matéria-prima e/ou insumos alternativos nessas condições compromete a viabilidade de qualquer novo entrante.

Todas essas restrições, a rigor, referem-se a unidades integradas de fabricação de cimento. Uma opção que é menos intensiva em capital fixo, admite escala inferior e, ao menos na operação imediata, dispensa o acesso a jazidas de calcário é construir unidades que fabriquem cimento a partir da moagem de clínquer ou escória. O bloco de investimentos da Votorantim implementado a partir do final da década passada incluía quatro unidades desse tipo, com escalas entre 220 mt/ano e 460 mt/ano e investimentos na casa de US$ 20-25 milhões. Naturalmente, no entanto, a viabilidade de um empreendimento desse tipo depende de uma circunstância que não é assegurada com frequência: a disponibilidade de insumos, seja o próprio clínquer, sejam subprodutos de outras atividades, como a escória siderúrgica e as cinzas de carvão.

As economias de tamanho, a importante imobilização de capital e o acesso a insumos em condições competitivas são restrições à entrada de novos competidores, mas seus impactos sobre a estrutura de mercado são particularmente grandes em virtude do alcance espacialmente restrito dos mercados relevantes. Com base em dados de um estudo sobre a Cemex nos EUA, RYAN (2006: 8) aponta custos médios de transporte correspondentes a nada menos que ¼ do valor F.O.B. do produto quando a distância percorrida a partir da fábrica se situa entre 200 e 300 milhas[17]. Por essa razão, 94,5% das vendas de cimento nos EUA são feitas num raio inferior a 300 milhas do local de fabricação (ROSENBAUM & SUKHARAMONA, 2001 *apud* ZEIDAN & RESENDE, 2005: 19)[18]. Essa avaliação é convergente com a de HAGUENAUER (1996: 33): “o mercado ‘natural’ (...) é o situado a uma distância máxima de cerca de 300 km da fábrica – ou cerca de 500 km em áreas de menor densidade demográfica”. Percebe-se, assim, que o peso do custo do frete no preço final impõe que o raio de comercialização do cimento seja normalmente curto e o

---

[17] O custo logístico nessa faixa de distância se situaria em uma média US$ 18,86 por tonelada. O mesmo estudo indica custos de US$ 5,79 para percursos até 50 milhas, US$ 9,86 de 50 a 100 milhas, US$ 14,53 de 100 a 200 milhas e US$ 25,85 acima de 500 milhas.

[18] 82,5% do cimento seria despachado a uma distância inferior a 200 milhas e nada menos que 99,8%, abaixo de 500 milhas (JANS & ROSENBAUM, 1997 *apud* RYAN, 2006: 8).

mercado do produto, segmentado regionalmente. Nesse nível de abrangência espacial, o grau de concentração é muito maior do que sugerem indicadores de concentração computados em base nacional.

A indústria de cimento apresenta, portanto, uma estrutura com características de oligopólio homogêneo, em que os principais fabricantes são, como se verá na discussão sobre as estratégias competitivas das empresas líderes, empresas muito internacionalizadas, mas os mercados são regionalizados. Dada essa configuração estrutural, as preocupações quanto à adoção de condutas anticompetitivas são comuns e internacionalmente disseminadas[19].

Afora o relativo isolamento competitivo que vigora em muitos mercados regionais, outras circunstâncias conferem poder de mercado às cimenteiras. O controle dos canais de distribuição parece ser particularmente relevante no contexto brasileiro, em que, como se verá mais adiante, é maior a importância do consumo de cimento em edificações de pequeno porte e menor, a dos consumidores industriais (fabricantes de artefatos e pré-moldados, argamassas etc.) e das concreteiras[20]. Em todo caso, muitas dos maiores fabricantes de cimento no mundo empenharam-se em assumir o controle de empresas dedicadas à concretagem. Por outro lado, o fato de o cimento ser bastante perecível – com o tempo, absorve umidade da atmosfera e endurece – dificulta a formação de estoques e inibe a compra de grandes lotes pelos consumidores, o que também afeta seu poder de barganha.

Os fabricantes de cimento se beneficiam também da baixa sensibilidade ao preço da demanda por cimento. Como nos usos mais básicos existem poucos substitutos para o cimento e a proporção que esse insumo representa no custo de

---

[19] No longo histórico de conflitos entre consumidores do produto e cimenteiras, o episódio que mais chamou a atenção foi a condenação imposta, em 1994, pela Comissão Europeia a 33 empresas produtoras de cimento por acordos de divisão de mercados e práticas de restrição à concorrência. A punição estabelecida foi uma multa de € 248 milhões, recorde até então nos casos de defesa da concorrência na Europa (LA COUR & MOLLGAARD, 2000: 4). É sintomático também que o setor receba muita atenção de pesquisadores interessados em investigar práticas colusivas e testar empiricamente hipóteses teóricas sobre o tema. Uma busca nos sistemas de informação bibliográfica permite identificar estudos com essa perspectiva sobre uma gama muito diversa de países: EUA, Canadá, Brasil, Dinamarca, Noruega, Ucrânia, Turquia, Paquistão, Índia, Indonésia, Filipinas e África do Sul.

[20] ANDRADE *et alii* (2002: 51) referem-se à desproporção entre os 41% de consumo do cimento em infraestrutura no Japão e os 13% então registrados no Brasil. Apontam também outra diferença marcante. Enquanto nos EUA as concreteiras utilizam 73% do cimento (PCA, 2006) e mesmo no Chile essa fração chega a 40%, no Brasil não passava de 13% em 2006.

uma obra, embora relevante, é relativamente pequena, a procura tende a ser pouco sensível a variações nos preços. Num levantamento feito por RESENDE e ZEIDAN (2006), estimativas da elasticidade-preço da demanda do cimento no Brasil apresentaram valores próximos de 0,3. GAMA e RUIZ (2006) situaram-na entre 0,25 e 0,35, ao passo que TEIXEIRA *et alii* (2003) encontraram valores na faixa de 0,286 a 0,353. Já SALVO (2004: 36) fez estimativas para 17 estados e encontrou uma média um pouco mais alta: 0,41. Em países e mercados mais pobres, a elasticidade-preço seria, coerentemente, maior. CÁRDENAS *et alii* (2007) estimaram uma elasticidade-preço de 0,55 na Colômbia e RAMÍREZ MATTOS (2005), de 0,56 na Bolívia.

Embora todos esses elementos sejam propícios à concentração e ao exercício de poder de mercado, a estrutura da indústria de cimento não comporta alguns dos elementos mais tipicamente associados à formação dos chamados "oligopólios globais". Marcas, embora não devam ser consideradas completamente irrelevantes, exercem efeitos limitados nas decisões dos clientes da indústria, não sendo incomum que multinacionais atuem por meio de marcas locais. Mais ainda, a maturidade tecnológica da indústria implica que neste setor são muito menos importantes as assimetrias tecnológicas que, em atividades de maior dinamismo tecnológico, sustentam as posições dominantes de líderes globais[21]. Nada disso, contudo, constituiu impedimento ao movimento de expansão internacional a que se lançaram os grupos que atualmente lideram o mercado mundial e que resultou num expressivo aumento do grau de concentração da indústria de cimento, ao menos até a deflagração da crise econômica global em 2008.

Os dados da Tabela 5 sintetizam a evolução de alguns dos maiores grupos cimenteiros do mundo desde meados dos anos 1990. A diversidade de fontes sugere cautela na análise. Ainda assim, está claro que a rápida expansão que todos esses grupos vinham experimentando foi sustada ao final da década passada. São amplas as evidências de que o número e importância das transações patrimoniais no setor de cimento recuaram bastante depois do ritmo quase frenético de 2007, ano em que as três maiores transações movimentaram cerca de US$ 40 bilhões (PINHO,

---

[21] PROCHNIK *et alii* (1998: 15-18) sustentam uma posição diferente, argumentando que o aprendizado tecnológico requerido para a constituição das capacidades de investimento e de produção na indústria de cimento está sujeito tanto a efeitos de cumulatividade quanto a ganhos de escala, de modo que empresas maiores seriam mais eficientes na especificação e negociação de projetos de novas fábricas e na sua operação, incluindo a manutenção dos equipamentos.

2008: 33-34). Como ao mesmo tempo o dinamismo da indústria mundial de cimento passou a depender quase exclusivamente do crescimento da produção chinesa – que, como se discute no Box 1, caracteriza-se por uma oferta muito mais pulverizada –, entende-se que o grau de concentração em escala global, depois de aumentar bastante[22], tenha se estabilizado.

Tabela 5

Evolução de Cinco Grandes Grupos Cimenteiros Ocidentais (1995/2011)

Anos	Discriminação	Unidade	Fonte	Lafarge (França)	Holcim (Suíça)	Cemex (México)	Heidel-berg (RFA)	Voto-rantim (Brasil)
2011	Faturamento	US$ bi	Web sites	20,6	23,3	15,1	17,3	5,2
2011	Capacidade	Mt/ano	Web sites	225	216	96	> 88	41
2011	Market-share mundial	%	Web sites	4,4	4,0	n.d.	2,4	0,8
2006	Faturamento	US$ bi	Pinho, 2008	21,2	19,2	18,2	11,6	2,8
2006	Capacidade	Mt/ano	Pinho, 2008	169	198	93	> 80	35
2000	Capacidade total	Mt/ano	Andrade, 2002	160	135	78	75	25
2000	Capacidade própria	Mt/ano	Andrade, 2002	130	82	60	n.d.	25
2000	Faturamento	US$ bi	Andrade, 2002	10,8	8,5	5,6	n.d.	n.d.
1997/98	Market-share mundial	%	Prochnik, 1998	3,9	5,0	3,8	2,6	n.d.
1997/98	Capacidade	Mt/ano	Prochnik, 1998	68	78	53	36	21
1995/96	Capacidade	Mt/ano	Prochnik, 1998	50	73	47	30	19
1997	Faturamento	US$ bi	Ayres, 1999	7,7	7,0	n.d.	4,0	n.d.
1995	Faturamento	US$ bi	Gomes, 1997	5,9	6,6	3,1	3,9	1,5

Fontes: Ver na própria tabela.

Com efeito, o ranking dos quatro maiores fabricantes de cimento do mundo em 2011 seria integrado por três empresas com volumes de produção muito parecidos, a suíça Holcim, a francesa Lafarge e a chinesa Anhui Conch, além de outra empresa chinesa com produção um pouco menor, a China National Building Materials. Somando-se a produção dessas empresas e dividindo pela produção mundial, chega-se a uma razão de concentração global nas quatro maiores firmas (CR4) de 16%. Considerando-se apenas a produção fora da China, chega-se a um valor maior, um pouco abaixo de 30%, mas que não difere significativamente do que era encontrado em 2006 (PINHO, 2008: 27)[23].

[22] De acordo com SALVO (2004: 20), a concentração da produção nos seis maiores fabricantes mundiais, excluídos os chineses, aumentou de 14% em 1985 para 23% em 1995 e 35% no ano 2000.

[23] Levando em conta a dimensão local dos mercados de cimento, essas porcentagens não devem ser confundidas com indicadores de concentração de mercado.

Box 1

A Indústria de Cimento na China

Dentro da discussão sobre a estrutura de mercado e a concorrência em nível mundial, é importante analisar o caso chinês, que apresenta características marcadamente diferentes do resto do mundo. Essas peculiaridades se revestem de grande interesse dado o enorme peso que, como já se salientou no tópico 2.1 deste relatório, a China tem na indústria de cimento.

Com exceção da Cemex, as empresas líderes do setor em nível mundial operam na China através de *joint-ventures* com empresas locais. Tais operações, contudo, não representam uma parcela muito significativa da produção total. Por outro lado, existem duas cimenteiras chinesas que são tão grandes quanto as maiores do mundo, embora não sejam empresas internacionalizadas e sua produção não chegue a representar uma fatia muito grande do próprio mercado chinês. Em 2010, a maior cimenteira do país, a Anhui Conch, respondeu por 7,3% da produção chinesa. A segunda maior, a China National Material Buildings, também se ombreia em tamanho com as líderes mundiais, mesmo sem produzir mais do que 5,8% do cimento fabricado no país. Num grupo de 20 grandes cimenteiras de capital aberto para as quais o presente estudo encontrou informações, apenas sete detinham em 2010 uma parcela superior a 1% da produção chinesa de cimento. De fato, a soma da produção das dez maiores entre essas grandes empresas não alcança um quarto da fabricação chinesa de cimento. Trata-se, portanto, de um mercado, ao menos em nível nacional, pouco concentrado.

Boa parte da produção de cimento da China tem origem em empresas com âmbito de atuação provincial, que operam em escalas de produção bem inferiores àquelas típicas das grandes empresas do setor em nível global e mesmo na própria China. No maior mercado do mundo, a lógica da produção em larga escala prevalece apenas para um grupo restrito de empresas cujas atividades não se restringem a atender a demanda local. O fato de existirem milhares de pequenos fornos operando com tecnologias ultrapassadas e em escala reduzida implica baixa eficiência energética e um enorme problema ambiental, já vez que as emissões de carbono associadas a eles estão muito acima do padrão tecnológico atual. De acordo com MÜLLER e HARNISH (2008: 52), o número de fábricas de cimento na China se situaria em torno de 5.000. Embora alto, esse contingente já representava uma queda drástica em relação à quantidade entre 7.000 e 9.000 plantas estimadas para 2002, quando cerca de metade delas produzia cimento em fornos verticais com uma escala típica de 40 mt/ano.

Políticas governamentais foram definidas a partir de 2005 com vistas a mudar a estrutura do setor. Planejou-se encerrar as operações de cerca de 4.000 fábricas tecnologicamente ultrapassadas, o que implicaria o fechamento até 2010 de 250 Mt/ano de capacidade produtiva obsoleta. Como resultado esperava-se que (i) o número de empresas caísse para 3.500, (ii) a produção média por empresa crescesse de 200 mt/ano em 2005 para 400 mt/ano em 2010 e 600 mt/ano em 2020 e (iii) a proporção da produção proveniente de fornos rotativos por via seca, que era de apenas 12% em 2000, subisse dos 53% em 2005 para 70% em 2010. Uma consequência adicional dessa política seria a consolidação da estrutura industrial. A expectativa era de que em 2010 as dez maiores empresas concentrariam 30% da produção chinesa de cimento.

As evidências sobre o grau de implementação dessas políticas são conflitantes. MÜLLER e HARNISH (2008) sustentam que "uma larga proporção do fechamento das pequenas planas não aconteceu, apesar dos incentivos e subsídios para fazê-lo, [por causa do] impacto que o fechamento teria na economia local de áreas rurais". Por outro lado, notícias publicadas na imprensa chinesa dão conta de que em 2010 foram fechadas 762 empresas cimenteiras, somando uma capacidade total de 107 Mt/ano. Além disso, a própria evolução da concentração industrial parece corroborar a avaliação de um nível importante de implementação. A razão de concentração nas quatro maiores empresas (CR4) aumentou de 7% para 17% entre 2006 e 2010 e, no mesmo período, o CR6 passou de 6% para 21%. Segundo o jornal The China Perspective, a indústria de cimento chinesa, que seria formada por 8.700 produtores em 1995, contaria no começo de 2012 com 3.000 empresas, podendo chegar a um terço disso até 2015. Na mesma linha, os relatórios anuais de grandes cimenteiras chinesas, como a Anhui Conch e a BBMG, informam a compra de dezenas de pequenas empresas a cada ano.

Fontes: www.cementchina.net e The China Perspective (2012).

2.3. Estratégias das Líderes Mundiais

As tabelas abaixo permitem traçar os perfis de internacionalização e diversificação produtiva dos quatro maiores grupos cimenteiros do mundo, excetuando-se empresas chinesas: além das já referidas Lafarge e Holcim, a mexicana Cemex e alemã Heidelberg. A Tabela 6 indica que embora todas essas empresas sejam muito internacionalizadas, apenas as duas maiores, Lafarge e Holcim, têm uma distribuição da produção compatível com o rótulo de empresas globais. Já a Tabela 7 indica a persistência do perfil relativamente especializado desses grupos, que, além do cimento, concreto e agregados (pedra e areia), dedicam-se basicamente a atividades conexas de suprimento de materiais para o setor de construção. Cabe destacar que justamente naqueles dois grupos – Cemex e Heidelberg – em que é menor a participação do cimento no faturamento, o peso nos lucros é muito maior (Gráfico 5).

Tabela 6

Distribuição da Receita dos Grupos Líderes na Indústria de Cimento por Região (%)

	América do Norte			América Latina e Central			Ásia/Pacífico			Europa			África/Oriente Médio		
Grupos	2006	2011	Δ%	2006	2011	Δ%	2006	2011	Δ%	2006	2011	Δ%	2006	2011	Δ%
Holcim	22,0	14,0	-36	15,0	15,5	3	19,0	37,4	97	35,0	28,6	-18	9,0	4,5	-50
Lafarge	30,3	20,3	-33	4,7	6,8	44	9,5	16,4	73	41,2	31,0	-25	14,4	25,5	78
Cemex	23,2	17,2	-26	29,1	35,5	22	1,9	3,4	79	41,8	40,2	-4	4,0	3,7	-8
Heiderberg	30,6	23,9	-22	0,0	0,0	0	16,3	23,2	42	52,9	44,9	-15	1,0	8,0	800
Média	26,5	18,9	-29	12,2	14,5	18	11,7	20,1	72	42,7	36,2	-15	7,1	10,4	47

Fonte: Relatórios anuais das empresas.
Nota: A Cemex considera os dados do México na América do Norte.

Tabela 7

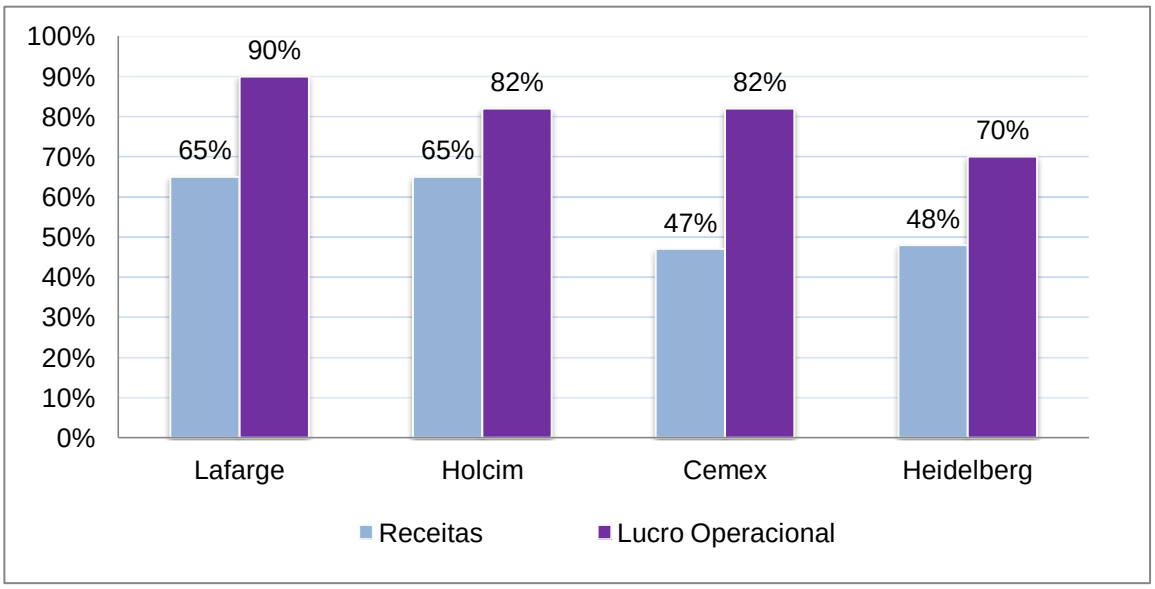
Distribuição da Receita dos Grupos Líderes na Indústria de Cimento por Produto (%)

	Cimento			Agregados/Concreto			Outros*		
Grupos	2006	2011	Δ%	2006	2011	Δ%	2006	2011	Δ%
Lafarge	54,4	65,3	20	36,4	34,2	-6	9,2	0,5	-95
Holcim**	56,8	56,7	0	11,1	10,7	-4	32,1	32,6	2
Cemex	39,8	40,7	2	42,4	39,8	-6	17,8	19,5	10
Heidelberg	63,3	41,8	-34	35,0	49,0	40	1,6	9,2	461
Média	53,6	51,1	-5	31,2	33,4	7	15,2	15,5	2

Fonte: Relatórios anuais das empresas.
Notas: *Outros produtos: Lafarge: gesso; Holcim: asfalto e concreto; Cemex: artefatos; Heidelberg: artefatos e asfalto. ** No relatório anual, a Holcim separa as receitas em cimento, agregados e outros, incluindo as vendas de concreto na parcela referente a “outros”.

Gráfico 5

Participação da Divisão de Cimento nas Receitas e nos Lucros de Grupos Líderes (2011)



Fonte: Relatórios anuais das empresas.

Num setor em que o comércio internacional é estruturalmente restringido, a internacionalização era, como se argumenta em PINHO (2008: 30), uma alternativa inexorável para todos os grupos cimenteiros que pretendessem crescer dentro de sua própria atividade de origem. Efetivamente, os cinco maiores grupos ocidentais têm hoje capacidade produtiva superior à de qualquer mercado nacional no ocidente. Na verdade, o imperativo da internacionalização se estabelece antes desse limite, já que a regulação antitruste impede a monopolização.

De todo modo, os efeitos da crise econômica internacional deflagrada em 2008, e que continua a deprimir os mercados da construção civil em muitos países desenvolvidos, parecem ter reforçado uma assimetria já perceptível, ainda que em menor proporção, em 2006. Enquanto nas receitas da Lafarge e da Holcim a participação dos mercados mais maduros da Europa e da América do Norte regrediu de um patamar próximo de 60% para cerca de 40%, na Cemex e na Heidelberg não apenas essa parcela partiu de um nível mais elevado como diminuiu menos significativamente, situando-se em 2011 ainda acima de dois terços.

Efetivamente, o conjunto dos países emergentes, inclusive o Leste Europeu, foi responsável por 74% da receita da divisão de cimentos da Lafarge em 2011. As vendas do grupo na África e no Oriente Médio, impulsionadas pela aquisição em 2007 do grupo egípcio Orascom Cement por US$ 12,9 bilhões, já são maiores do

que na Europa. Por outro lado, a venda da divisão de telhados em 2007 e das operações de gesso em 2011 do mesmo modo que a evolução da distribuição das receitas (Tabela 7) indicam que a Lafarge empreendeu um movimento de focalização que privilegiou o segmento de cimento.

Assim como a Lafarge, a Holcim tem procurado concentrar suas atividades nos mercados emergentes. A empresa tem investido na expansão de sua capacidade produtiva em países como México, Colômbia, Índia, Rússia, Azerbaijão, Equador, Indonésia e Austrália. De 2006 a 2011, o portfólio de produtos da empresa não sofreu alterações significativas. Em contrapartida, observa-se um aumento significativo na parcela das receitas referente às regiões da Ásia e Pacífico. A aquisição das atividades da Cemex na Austrália em 2009 e de pequenas cimenteiras na China contribuiu para esse quadro.

A Cemex, por outro lado, mantém o perfil geográfico de atuação mais focado nos países desenvolvidos herdada da agressiva expansão por aquisições realizada durante a década passada. Por meio de três aquisições, que somadas envolveram um dispêndio de US$ 23 bilhões, a Cemex incorporou empresas com diferentes graus de internacionalização sediadas em países desenvolvidos: Southdown (EUA, em 2000), RMC (Reino Unido, em 2004) e Rinker (Austrália, em 2007). Tal perfil de distribuição das operações certamente ajuda a explicar por que a Cemex foi, entre as empresas listadas na Tabela 5, a que experimentou nos últimos anos maior retrocesso no faturamento.

A Heidelberg, por sua vez, procurou ampliar o grau de diversificação de seu portfólio de produtos, aumentando as vendas de agregados. A aquisição, em 2007, por US$ 15,7 bilhões da Hanson, líder mundial nesse segmento, foi certamente a iniciativa principal neste campo. Como resultado dessa orientação estratégica, cresceram as vendas de agregados, especialmente na região Ásia-Pacífico, onde as vendas de agregados eram nulas em 2006 e passaram para 37,1 milhões de toneladas em 2011, mas também em mercados mais maduros como a Europa e a América do Norte. Entretanto, o segmento de cimento continuou a ser responsável por 70% dos lucros operacionais da empresa em 2011. A Heidelberg, que não tem operações na América Latina, mas foi uma das pioneiras entre as empresas multinacionais a entrar no mercado chinês, parece estar particularmente interessada

no mercado africano: em 2010, firmou um acordo com o Banco Mundial para auxiliar na expansão da infraestrutura em países da África Subsaariana.

2.4. Dinâmica Tecnológica[24]

Se do ponto de vista do crescimento do consumo, dado o peso que os mercados dos países em desenvolvimento já alcançaram no conjunto do consumo mundial, a indústria do cimento experimentou em escala mundial um importante dinamismo ao longo das últimas duas décadas, no tocante à dinâmica tecnológica, o quadro é efetivamente de maturidade, expressa no deslocamento relativamente lento da fronteira tecnológica e na baixa frequência de inovações de largo alcance.

Com efeito, as características essenciais dos processos de produção de cimento portland foram definidas em meados do século XIX. Embora haja considerável controvérsia entre os historiadores do setor a esse respeito, a posição mais generalizadamente aceita atribui ao britânico Joseph Aspdin e a seus sucessores a invenção inicial e o desenvolvimento posterior do processo[25]. Mesmo a introdução dos fornos rotativos data de 1895 (CEMBUREAU, 1999: 99). Desde então, a única inovação realmente radical difundida na fabricação de cimento foi a chamada "via seca". Os benefícios são enormes, já que a energia térmica requerida é reduzida pela metade em relação ao processo úmido típico (DAMTOFT, 2008: 117). De qualquer maneira, a difusão do conjunto de alternativas abarcadas pelo rótulo "via seca" não é propriamente recente. No mínimo desde os anos 80, essa tecnologia é dominante na maior parte do mundo.

Outra característica marcante da dinâmica tecnológica do setor, reconhecida por todos os analistas, é a posição central dos fornecedores de equipamentos no desenvolvimento das tecnologias críticas de processo. Os principais fabricantes são a dinamarquesa FLSmidth – cujas operações são descritas no Box 2 –, a alemã Polysius (vinculada à ThyssenKrupp), a francesa Fives FCB[26] e a japonesa Onoda. Exceto no caso desta última e de alguns fornecedores chineses, os fabricantes de

---

[24] Este tópico baseia-se amplamente em PINHO (2008).

[25] Embora a patente tenha sido solicitada em 1824, os desenvolvimentos decisivos, inclusive a definição da temperatura para a operação do forno, só teriam sido introduzidos na década de 1840 (TORAYA, 1999).

[26] Esta empresa adquiriu em julho de 2012 a divisão dedicada a equipamentos de cimento do grupo Technip. Cf. www.fivesgroup.com/FivesFcb/EN/News/News/Pages/TechnipCLEAcquisition.aspx.

equipamentos para o setor são empresas independentes dos grandes grupos cimenteiros, com os quais não mantêm acordos de exclusividade de suprimento (PROCHNIK *et alii*, 1998; ANDRADE *et alii*, 2002).

Box 2

A Trajetória da Empresa Líder na Produção de Equipamentos para a Indústria do Cimento

A FLSmidth define-se como uma empresa que atua no suprimento não apenas de equipamentos, mas também de serviços e consultoria para as indústrias de cimento e mineração. Em 2011, empregou 13.200 pessoas e faturou € 2.959 milhões. Esse faturamento distribuiu-se da seguinte maneira entre os três segmentos de clientela e operação: mineração (56%), cimento (37%) e produção de artefatos de fibrocimento (7%). A empresa se proclama fornecedora de soluções completas para seus clientes, o que recentemente passou a incluir serviços de manutenção e até operação de fábricas de cimento. Por outro lado, em termos de estratégia de produção, a FLSmidth sustenta que a maior parte da manufatura de equipamentos é subcontratada junto a fornecedores.

O histórico de operações da FLSmidth remonta a 1882 e especificamente no caso do setor de cimento a 1887, ano em que obteve um contrato para construir uma fábrica de cimento na Suécia. Em 1889, passou a atura diretamente na fabricação de cimento por meio da Aalborg Portland, operação a que continuou societariamente vinculada até 2004.

Em 1989, o processo de diversificação – iniciado durante a 1ª Guerra Mundial em resposta ao isolamento a que a Dinamarca foi submetida – resultara num grupo com 125 empresas e atividades divididas em sete setores: equipamentos, materiais de construção (inclusive concreto e fibrocimento), siderurgia, embalagens, aeroespacial, serviços e investimentos internacionais. Durante os anos 90, em simultâneo à venda de algumas empresas, aprofundou-se o envolvimento com equipamentos para mineração, atividade que foi fortalecida com a aquisição de várias empresas.

Durante os anos 2000, teve lugar uma ampla reestruturação. De um lado, a holding das famílias dos fundadores resolveu ceder sua posição de controle. De outro, promoveu-se a refocalização das operações do grupo, com a venda de empresas dedicadas a atividades como fabricação de cimento, produção de concreto e aeroespacial. Ao mesmo tempo, prosseguiu a trajetória de aquisição de empresas com competências na área de equipamentos e tecnologia para mineração.

Entre as principais evidências de realizações e capacidade técnica da FLSmidth cabe destacar a instalação ao longo de sua história de 2.000 fornos rotativos mundo afora. A empresa não alega ter introduzido o equipamento no mercado, mas sustenta que o redesenhou e aperfeiçoou continuamente. Embora hoje o domínio da FLSmidth não seja tão grande, em 1957 40% da capacidade mundial de produção de cimento baseava-se em equipamentos fornecidos pela empresa. Outras inovações destacadas pela FLSmidth em seu histórico incluem moinhos, várias gerações resfriadores de clínquer e equipamentos que favorecem o coprocessamento, flexibilizando o uso de combustíveis nos fornos rotativos.

O processo de internacionalização da FLSmidth começou precocemente e não seria exagero considerá-la uma "born global" *avant la lettre*. A tentativa, bem-sucedida, de evitar uma paralisia durante a 2ª Guerra Mundial que se avizinhava, levou a empresa a transferir em 1938 para um escritório instalado nos EUA "centenas de milhares" de desenhos, layouts e plantas. Atualmente, incluindo escritórios de representação comercial, a empresa opera em 50 países. Tem centros de desenvolvimento de tecnologia na Dinamarca, Alemanha, Índia e EUA (2), mas na China, destacadamente o maior mercado do mundo na indústria do cimento, dispõe apenas de um escritório de vendas.

Fonte: www.flsmidth.com, acesso em 26/12/2012.

O contexto de trajetórias tecnológicas com oportunidades limitadas para a inovação e a situação de controle externo, pelos fornecedores de equipamentos, de competências críticas no âmbito das tecnologias de processo se combinam para

formar um quadro em que a intensidade tecnológica é pequena mesmo entre os maiores grupos cimenteiros.

Todos os principais grupos dispõem de centros de pesquisa e desenvolvimento. A estrutura mais avançada parece ser a da Lafarge, que conta com um centro de pesquisa centralizado (França) e quatro centros técnicos instalados em três diferentes continentes. Enquanto estes se dedicam à adaptação e desenvolvimento incremental de produtos e à otimização dos processos fabris, aquele está voltado a projetos mais básicos e ao desenvolvimento de novas tecnologias. A Cemex, por sua vez, opera dois centros de tecnologia e inovação, um no México e outro na Suíça. A Heidelberg articula em uma empresa suas atividades na área de tecnologia. Já a Italcementi destaca na descrição de sua estrutura de desenvolvimento tecnológico, além de um centro próprio de P&D, uma rede com articulações com mais de sessenta organizações, incluindo universidades italianas, centros externos de pesquisa e empresas. Também no caso da Lafarge, há relatos de desenvolvimentos importantes que contaram com a participação de instituições acadêmicas[27].

Apesar da relevância das estruturas voltadas para o desenvolvimento tecnológico, alguns indicadores sugerem que relativamente ao porte dos grupos não só os esforços, mas também os resultados são modestos. O centro de pesquisa da Lafarge, por exemplo, emprega 200 pessoas, apenas 0,3% dos funcionários de um grupo que opera em um setor altamente intensivo em capital[28]. Os gastos com P&D, ao menos até 2008, representariam uma fração equivalente a essa do faturamento do grupo, proporção que seria inferior à tipicamente despendida pela Heidelberg, na casa de 0,5%. A Italcementi, por sua vez, divulga gastos em P&D de € 25 milhões, algo como 0,4% de seu faturamento. Em termos de resultados, a Lafarge proclama

---

[27] Conforme declarações de Jacques Lukasik, vice-presidente do Grupo Lafarge para assuntos científicos, o desenvolvimento do Ductal, um cimento com propriedades especiais, demandou pelo menos cinco anos de pesquisa para a detalhada compreensão científica das características do material, esforço que teria contado com a participação de uma dezena de equipes de pesquisadores universitários franceses e com um subsídio do governo para pesquisa básica em materiais inovativos. Cf. http://www.lafarge.com/07022007-research_innovation-interview_JLukaski-uk.pdf.

[28] Segundo SALVO (2004: 19), a japonesa Taiheiyo, a despeito de sua forte posição tecnológica, também gastava menos de 1% do faturamento em P&D. Tomando-se como indicador das despesas em P&D os gastos com inovação em produto em 2010 divulgados pela Lafarge (€ 153 milhões), chega-se a proporção semelhante no grupo que lidera em termos de esforços tecnológicos a indústria de cimento, ao menos no mundo ocidental.

que 5% do valor de suas vendas é proveniente de produtos introduzidos nos últimos cinco anos, enquanto a Italcementi menciona 2,5% do faturamento associados a "projetos inovativos".

Naturalmente, maturidade tecnológica não deve ser confundida com estagnação. Numa indústria que opera processos produtivos complexos, há um espaço significativo para inovações incrementais. Os focos das estratégias tecnológicas das líderes mundiais convergem para três campos, dos quais os dois primeiros são claramente vinculados entre si: (1) redução do consumo de energia; (2) diminuição da emissão de gases do efeito estufa (GEE); e (3) desenvolvimento de produto, em particular de novas variedades de concreto. Esses são, a rigor, os alvos principais do progresso técnico na indústria do cimento.

A natureza intensiva em energia da fabricação do cimento torna a melhoria do desempenho energético um objetivo inescapável do desenvolvimento tecnológico no setor, ainda mais num quadro de encarecimento das várias fontes de energia. Conquanto a estimativa varie de acordo com a fonte e o país avaliado, as referências mais recentes apontam que a energia responde por algo como 40% dos custos de produção do cimento[29]. O esforço realizado nas últimas décadas teve efeitos significativos, mas resultados adicionais parecem cada vez mais difíceis: o CEMBUREAU (2006) indica uma redução de 40% na energia fóssil despendida na fabricação de clínquer entre 1960 e 2000, mas de apenas 6-7% nos últimos 15 anos desse período.

Considerando que 90% da energia utilizada na fabricação do cimento destina-se à geração de calor para a etapa de calcinação e que, para fins térmicos, os combustíveis fósseis são a fonte primária usual, as emissões de gás carbônico são um problema vinculado ao anterior. A queima de combustíveis e a liberação de dióxido de carbono (CO_2) na transformação química de descarbonatação do calcário implicam que para cada quilograma de clínquer seja liberado na atmosfera 0,9 kg de CO_2 (DAMTOFT *et alii*, 2008: 117). Considerando também o uso de adições em

---

[29] Esse é o patamar apontado pela associação europeia dos fabricantes de cimento para a parcela da energia nos custos totais de produção (CEMBUREAU, 2006). ROSENBAUM e SUKHAROMANA (2001), restringindo-se ao custo de materiais, mencionam 55% como a proporção para o custo de combustíveis e energia elétrica nos EUA. Já o SNIC (2011b), tratando do caso brasileiro, menciona um peso de mais de 50% nos custos diretos de produção.

substituição ao clínquer, os números mais recentes disponíveis em escala global permitem inferir uma relação 0,75 kg de CO_2 por kg de cimento (IEA, 2012: 402). Como as alternativas mais simples para reduzir, ao mesmo tempo, o consumo de combustíveis e a emissão de GEEs – quais sejam a adoção da via seca, a produção de cimentos compostos com menor proporção de clínquer e o coprocessamento de resíduos – estão próximas de esgotar seu potencial, avanços adicionais exigirão o desenvolvimento de novas soluções. No capítulo 4, serão discutidas as inovações em tecnologia de processo que podem alterar esse quadro.

No campo da tecnologia de produto, o desenvolvimento e a difusão dos chamados concretos de alto desempenho constituem o avanço mais relevante nas últimas décadas. Concebidos inicialmente para fins que requerem alta resistência à compressão, notadamente a estrutura de arranha-céus, os concretos de alto desempenho destacaram-se também pela superioridade em outras características, como durabilidade e adequação ambiental, passando a ser empregados em plataformas marítimas, pontes e estradas, entre outras aplicações. Como a alta resistência supõe uma relação mais baixa entre as quantidades de água e cimento misturadas para fabricar o concreto, a formulação desse tipo de concreto exigiu o desenvolvimento de aditivos fluidificantes, também conhecidos como superplastificantes.

AÏTCIN (2000) sugere que a evolução dos cimentos e do concreto deve dar continuidade e aprofundar a direção seguida anteriormente pelos concretos de alto desempenho, mas enfatizando crescentemente a durabilidade do produto final. Este autor sustenta que, nas últimas décadas, o uso de cimentos de maior resistência inicial – induzido pela tentativa de aumentar a produtividade na fabricação de premoldados, em particular no uso das formas – permitiu a fabricação de concretos com menor proporção de cimento e, como consequência adversa, provocou a utilização de concretos mais porosos e permeáveis, menos aptos a enfrentar condições ambientais severas, como exposição à água do mar, congelamento e degelo. Em não poucos casos, os resultados teriam sido custos de manutenção elevados, demolições precoces e degradação da imagem do concreto. Portanto, a ênfase na durabilidade, além de estimulada pelas pressões por melhor *performance* ambiental, seria um imperativo na disputa com outros materiais.

Em usos mais nobres, nos quais sejam superiores os requisitos de resistência mecânica e leveza, vislumbra-se uma transformação menos contínua, embora calcada em tecnologia já disponível. Concretos à base de “pós reativos” combinados com uma variedade crescente de aditivos seriam capazes de competir não só com o aço estrutural, mas também com alumínio, ferro fundido e madeira[30]. Prevalece, contudo, a avaliação de que, nas aplicações usuais, os concretos atuais, por seu custo muito inferior, continuarão a reinar. Mesmo tendo como referência a situação de países desenvolvidos, AÏTCIN (2000: 1355) reconhece que os concretos de alto desempenho, cujo perfil é muito mais convencional, não respondem por mais do que ⅓ do mercado de concreto.

---

[30] Na entrevista já referida anteriormente, Jacques Lukasik aponta as características do concreto do futuro, que constituem também os alvos da pesquisa e desenvolvimento atual. Primeiramente, o material deve atingir propriedades mecânicas superiores: capacidade de alcançar a resistência à compressão desejada sem armação metálica; nível de fluidez que o torne autoaplicável; resistência superior ao fogo; e qualidade estética superior, em particular superfícies maiores isentas de rachaduras. Devem ser desenvolvidas também novas funcionalidades para o concreto, incluindo moldagem mais rápida, isolamento térmico e acústico e mesmo propriedades luminosas, como a possibilidade de mudar de cor. Por fim, o concreto deve apresentar melhor desempenho ambiental, o que, além da menor intensidade em energia e carbono na produção dos seus insumos, incluiria menor geração de poeira no uso, maior durabilidade – com melhor resistência à agressão ambiental e climática, como a chuva ácida –, reciclabilidade e desenvolvimento de características inovadoras, como autorreparação e autolimpeza.

3. Quadro Nacional

3.1. Produção e Consumo

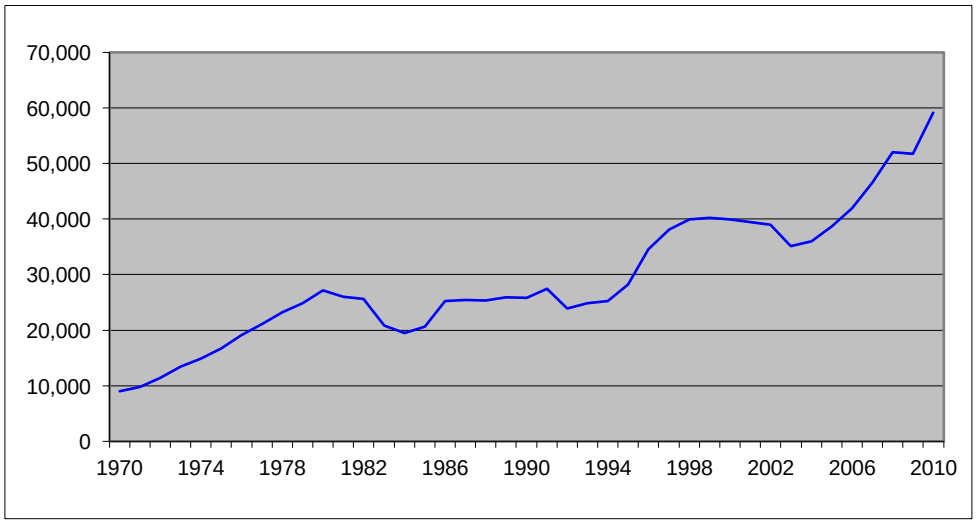
A produção brasileira de cimento cresceu em média a uma taxa de 4,2% ao ano entre 1990 e 2010. Esse ritmo de crescimento se situa abaixo da média mundial (5,5%) – que, como se viu na seção 2.1.2, é fortemente influenciada pelo comportamento da China –, mas em linha com a média dos demais países em desenvolvimento e acima do observado na maioria dos países não asiáticos. Mesmo tendo mais que duplicado nesse período, a produção brasileira do produto passou a representar uma parcela menor na produção mundial, caindo de 2,2% em 1990 para 1,8% em 2010.

Nos últimos anos, a fabricação de cimento no Brasil recuperou um dinamismo que, tanto em termos de ritmo quanto de duração do ciclo expansivo, não experimentava desde os anos 1970 (Gráfico 6). O acelerado crescimento (12,4% ao ano) entre 1994 e 1998 pôs fim a uma década e meia de estagnação na indústria, mas não se sustentou por muito tempo e nova estagnação seguiu-se no período 1999-2002. A instabilidade macroeconômica do ano eleitoral de 2002 resultou em retração da produção de cimento em 2003. Depois disso, o setor recuperou o crescimento e, exceto pelos percalços de 2009, vem batendo desde 2007 sucessivos recordes históricos, que culminaram numa produção de 63,9 Mt em 2011[31]. A taxa média de crescimento anual da produção de cimento no período 2004-2011 foi de 8,3%. Caso os investimentos anunciados em ampliação da capacidade produtiva e as perspectivas de aumento da demanda se confirmem, a produção continuará crescendo a taxas bastante expressivas nos próximos anos.

[31] Os dados de 2011 indicam que, apesar da pronunciada desaceleração do ritmo de atividade econômica, a trajetória de crescimento da produção de cimento persistiu a um ritmo anual na casa dos 8%.

Gráfico 6

Evolução da Produção Brasileira de Cimento (1970-2010)



Fonte: SNIC, Relatório anual de 2010.

Dentre os fatores que explicam o comportamento recente da produção de cimento no Brasil, destacam-se o crescimento econômico, a expansão do crédito – em especial, o crédito imobiliário – e a retomada dos investimentos públicos em infra-estrutura e habitação (SNIC, 2011a). Os períodos de ampliação, da mesma forma que os de retração, da produção têm sido determinados basicamente pelo comportamento do mercado interno. De fato, o consumo de cimento no Brasil responde elasticamente a variações na renda. Segundo estimativas do SINDUSCON-SP, citadas por PROCHNIK *et alii* (1998: 77), a elasticidade-renda da demanda de cimento no País teria um valor de 1,4.

Como consequência do crescimento recente, o consumo brasileiro de cimento per capita aumentou significativamente – 271 kg em 2009 contra 205 kg em 2005 – e alcançou um nível superior ao de países como o Chile e os Estados Unidos (Gráfico 1). Entretanto, o consumo per capita permanece bem abaixo da média internacional (447 kg) e do nível observado em países com renda per capita similar ou mesmo inferior, como México (321 kg), Tailândia (349 kg), Turquia (551 kg), Egito (624 kg) e China (1.218 kg). Assim, conquanto tenha aumentado 24% entre 2005 e

2009, o consumo per capita no Brasil correspondia neste último ano a apenas 61% da média mundial[32].

O principal canal de comercialização do cimento no Brasil é o varejo de materiais de construção, responsável pelo escoamento de 56% do cimento vendido pelas cimenteiras brasileiras em 2010 (Tabela 8). Essa proporção, que em 1999 era de 80%, reduz-se ano a ano, ao mesmo tempo em que paulatinamente crescem as parcelas das vendas a consumidores industriais (principalmente concreteiras, fabricantes de artefatos, premoldados e argamassas) e das transações diretas com construtoras. Apesar disso, a estrutura de comercialização do cimento no Brasil continua a ser muito diferente da existente em países desenvolvidos como os EUA, onde as concreteiras, as construtoras e o varejo responderam, em 2009, por 71%, 9% e 3% das vendas, respectivamente (USGS, 2011a)[33].

Tabela 8

Distribuição das Vendas Domésticas de Cimento no Brasil por Tipo de Consumidor

Tipo de Consumidor	1994		2000		2005	2006	2007	2008	2009	2010	
	mt	Part. %	Mt	Part. %	mt	mt	mt	Mt	mt	mt	Part. %
Revendedor	19.851	79,8	28.325	72,2	24.575	26.127	28.944	31.335	30.258	32.298	55,9
Consumidores inds.	3.978	16,0	8.480	21,6	8.275	8.968	10.861	14.060	14.248	17.049	29,5
Concreteiras	1.989	8,0	4.761	12,1	4.771	5.091	6.478	8.712	8.913	10.505	18,2
Fibrocimento	932	3,7	1.004	2,6	899	953	970	1.212	1.190	1.452	2,5
Premoldados	475	1,9	1.147	2,9	1.090	1.183	1.227	1.326	1.210	1.521	2,6
Artefatos	582	2,3	1.568	4,0	1.025	1.176	1.420	1.923	2.014	2.549	4,4
Argamassas	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	490	565	767	888	920	1.022	1,8
Consumidor final	1.046	4,2	2.402	6,1	2.572	3.237	3.962	5.527	6.435	8.395	14,5
Construtoras	876	3,5	2.308	5,9	2.477	3.109	3.910	5.342	6.060	8.022	13,9
Governo	170	0,7	94	0,2	95	128	52	185	375	373	0,6
Total	24.875	100	39.207	100	35.422	38.332	43.767	50.922	50.941	57.742	100

Fonte: SNIC, relatórios anuais.

De acordo com os dados de 2010, Minas Gerais, São Paulo e Paraná foram os três maiores produtores de cimento entre os estados brasileiros. Com 24,1%, 15,3% e 9,7% da produção brasileira, respectivamente, produziram em conjunto

---

[32] Embora não estejam disponíveis dados que permitam comparações internacionais mais detalhadas, é provável que o aumento do consumo de cimento no País nos últimos dois anos tenha melhorado essa relação. De acordo com dados do SNIC, o consumo per capita de cimento no Brasil aumentou para 311 kg em 2010 e 333 kg em 2011.

[33] Corresponde a essa maior importância do varejo no caso brasileiro o predomínio do saco como meio expedição do produto. Em 2010, 70% do cimento vendido no Brasil foi distribuído em sacos e 30% a granel, enquanto nos Estados Unidos, em 2009, as proporções foram de 2% e 98% (USGS, 2009). Do mesmo modo que as vendas no varejo, a proporção do cimento embalado em sacos também tem se reduzido nos últimos anos: em 2006, 79% cimento foi embalado em sacos.

metade do cimento fabricado no Brasil (Tabela 9). As posições dos três estados no *ranking* dos maiores produtores de cimento estão bem estabelecidas desde os anos 1990 sem que haja alterações radicais em suas parcelas. No entanto, entre os integrantes subsequentes do *ranking,* houve modificações importantes. O Distrito Federal quadriplicou sua produção entre 1995 e 2010 e passou de 10º a 5º maior produtor. Sergipe multiplicou sua produção quase oito vezes e saltou da 16ª posição em 1995 para a 7ª em 2010, com taxa média de crescimento de 14,4% ao ano. Ao mesmo tempo, alguns estados viram sua posição cair bastante, como o Rio Grande do Sul (5º para 10º), Bahia (6º para 14º), Santa Catarina (12º para 24º) e Goiás (8º para 13º). Naturalmente, a hierarquia de estados produtores é afetada pela disponibilidade de insumos, como as jazidas de calcário e a escória de alto-forno.

O cenário nos últimos anos é, sem dúvida, de desconcentração geográfica da produção, ainda que de forma gradual. Esse movimento é caracterizado, primeiramente, pela redução da participação das regiões Sudeste e Sul concomitantemente a um aumento da parcela dos estados das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Entre 1995 e 2010, a participação do primeiro grupo na produção total de cimento se reduziu de 74% para 65%, enquanto a do segundo grupo aumentou de 26% para 35%.

Além da desconcentração geográfica em nível regional, nesse mesmo período diminuiu também a participação dos maiores estados produtores na produção total. A fatia conjunta dos três maiores produtores caiu de 56% para 49% e a dos dez maiores, de 85% para 81%. Portanto, a produção está mais bem distribuída entre os diferentes estados, ainda que esse processo esteja acontecendo de forma bastante gradual.

O *ranking* de consumo apresenta uma distribuição mais usual, já que, neste plano, as posições dos estados dependem mais diretamente da ordem de importância dos seus respectivos PIBs, o que torna a hierarquia quanto ao consumo mais estável do que no caso da produção. Isso não impediu, porém, que também no consumo ocorresse desconcentração geográfica. No âmbito das grandes regiões, a magnitude da desconcentração do consumo foi até um pouco mais pronunciada do que no caso da produção. Enquanto a parcela do Sudeste e do Sul diminuía de 74% em 1995 para 63% em 2010, a das outras regiões aumentava de 26% para 37%.

Tabela 9

Produção e Consumo de Cimento por Estados e Regiões

Estados e Regiões	1995		2006	2007	2008	2009	2010		1995-2010	
	mt	Part.%	mt	mt	mt	mt	mt	Part.%	Δ%	Cont.%
Produção										
Região Norte	629	2,2	1.455	1.618	2.091	2.100	3.273	5,5	11,6	6,6
Região Nordeste	3.926	13,9	8.299	9.399	10.088	9.960	11.231	19,0	7,3	13,9
Região Sudeste	16.315	57,7	21.690	23.537	26.307	26.151	29.741	50,3	4,1	39,2
Região Sul	4.718	16,7	5.767	6.661	7.933	7.876	8.502	14,4	4,0	8,1
Região Centro-Oeste	2.668	9,4	4.570	5.221	5.465	5.660	6.370	10,8	6,0	7,5
Minas Gerais	7.075	25,0	9.539	11.368	12.654	12.979	14.162	24,1	4,7	21,1
São Paulo	5.890	20,8	6.533	7.454	8.180	7.913	9.035	15,3	2,9	12,4
Paraná	2.728	9,7	3.923	4.548	5.313	5.332	5.685	9,7	5,0	5,3
Rio de Janeiro	2.485	8,8	2.441	2.794	3.129	3.160	4.174	7,1	3,5	5,8
Distrito Federal	835	3,0	2.492	2.824	2.660	2.690	3.159	5,4	9,3	3,5
Sergipe	401	1,4	2.141	2.763	2.841	2.691	3.031	5,1	14,4	3,7
Espírito Santo	865	3,1	1.338	1.921	2.344	2.099	2.370	4,0	7,0	3,9
Paraíba	904	3,2	1.811	1.919	2.073	1.844	2.162	3,7	6,0	2,2
Rio Grande do Sul	1.454	5,1	1.511	1.661	2.034	1.940	2.122	3,6	2,6	1,8
Ceará	690	2,4	1.480	1.628	1.714	1.767	1.863	3,2	6,8	1,7
Ajustes		*0,0*	*2.241*	*170*	*180*	*240*	*240*	*0,4*		*-4,0*
Brasil	28.256	100,0	41.781	46.436	51.884	51.747	59.117	100,0	5,0	75,2
Consumo Aparente										
Região Norte	1.116	3,9	2.656	3.011	3.466	3.317	4.258	7,1	9,3	10,0
Região Nordeste	3.931	13,8	7.047	8.009	9.387	10.108	12.317	20,5	7,9	26,6
Região Sudeste	16.191	56,8	21.392	22.792	25.051	24.762	27.783	46,3	3,7	36,8
Região Sul	4.994	17,5	5.994	6.919	8.554	8.687	9.912	16,5	4,7	15,6
Região Centro-Oeste	2.282	8,0	3.686	4.226	5.031	5.018	5.738	9,6	6,3	11,0
São Paulo	9.172	32,2	10.520	11.769	13.476	13.304	14.535	24,8	1,3	11,0
Minas Gerais	3.470	12,2	4.793	5.710	5.902	6.032	6.751	11,5	3,0	10,8
Rio de Janeiro	2.947	10,3	3.595	4.100	4.301	3.967	4.200	7,2	1,8	5,3
Paraná	2.331	8,2	1.961	2.381	3.001	3.092	3.749	6,4	-1,6	-3,0
Bahia	1.202	4,2	1.935	2.319	2.678	2.826	3.349	5,7	4,4	6,0
Rio Grande do Sul	1.683	5,9	2.086	2.281	2.719	2.686	3.070	5,2	2,0	3,3
Santa Catarina	980	3,4	1.836	2.087	2.654	2.669	2.853	4,9	5,9	7,0
Goiás	955	3,3	1.730	1.944	2.311	2.336	2.658	4,5	5,6	6,3
Pernambuco	803	2,8	1.193	1.321	1.717	1.879	2.407	4,1	3,7	3,2
Pará	480	1,7	1.182	1.273	1.560	1.356	1.641	2,8	8,5	5,7
Ajustes	-	*0,0*	*2.241*	*582*	*288*	*560*	*1.313*	*2,2*	*0,0*	*4,2*
Brasil	28.514	100,0	40.775	44.957	51.489	51.892	60.008	100,0	5,1	100,0

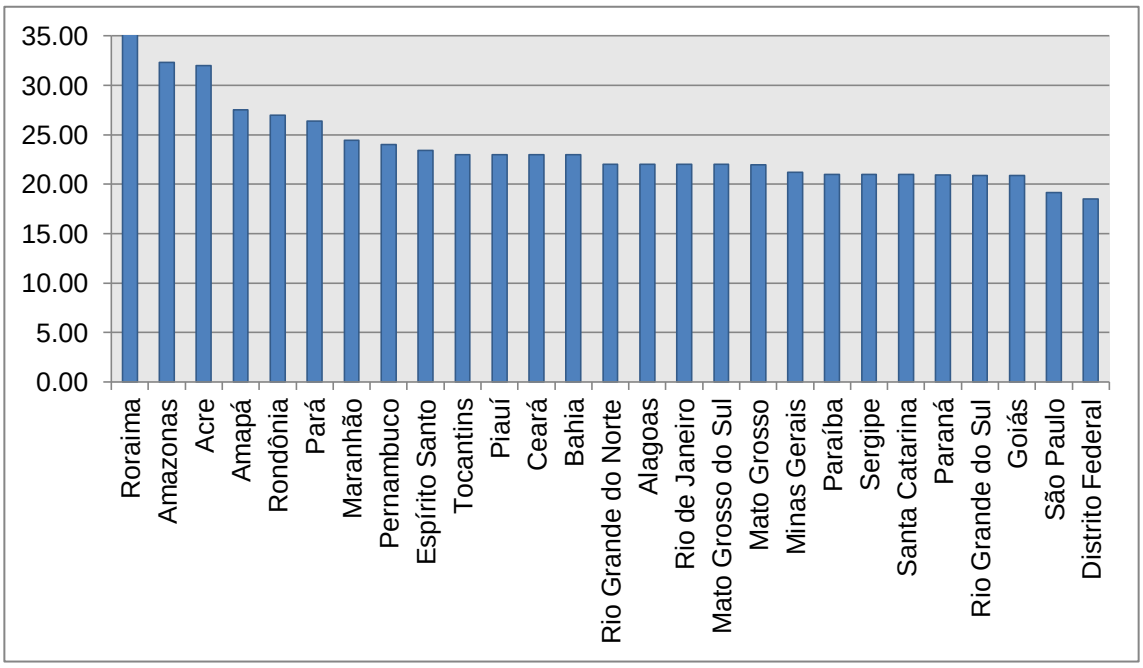
Fonte: SNIC, Relatórios anuais.

Quanto aos preços do cimento, existem diferenças importantes entre as unidades da federação (Gráfico 7). De maneira geral, os estados da região Norte são aqueles onde são praticados os maiores preços, especialmente em áreas de fronteira, como Roraima, Amazonas e Amapá. O principal fator determinante dessas diferenças são os custos de transporte para regiões mais afastadas dos centros de produção de cimento. O fato, porém, de alguns estados que contam com unidades de produção de um único grupo empresarial, como é o caso de Rondônia, situarem-

se entre as áreas em que o preço é mais elevado sugere que as condições de concorrência em nível local afetam o nível de preços. Nos estados em que os preços são mais baratos, existem alternativas de suprimento, seja por fabricantes localizados no próprio estado, seja por produtores de estados adjacentes que se situam dentro do raio viável de abastecimento.

Gráfico 7

Preço do Saco de 50 kg de Cimento Portland por Unidades da Federação (junho de 2012)



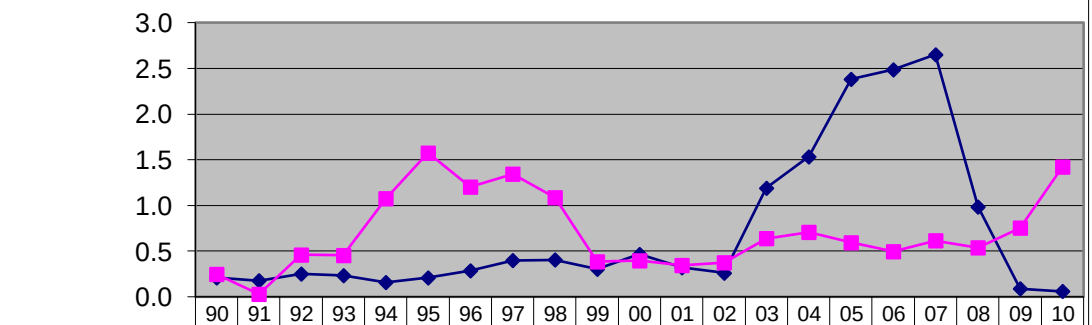
Fonte: IBGE – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Preços da Construção Civil.

3.2. Comércio Exterior

Reproduzindo de forma ainda mais acentuada uma característica do setor em boa parte do mundo, a indústria de cimento no Brasil se caracteriza historicamente por uma dependência muito baixa dos fluxos de comércio externo, tanto em termos de importações quanto de exportações. Embora em meados da década passada tenham sido registrados coeficientes de exportação que, para o padrão do setor, são relativamente elevados, inclusive um pico de 2,65% em 2007, o movimento de elevação das exportações foi interrompido em 2008. A partir daí, inicia-se uma trajetória de forte queda, que levou as exportações a representarem apenas 0,09% e 0,06% da produção em 2009 e 2010, respectivamente (Gráfico 8).

Gráfico 8

Cimento – Coeficientes de Importação e Exportação no Brasil (%)



	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Exportações	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.3	0.5	0.3	0.3	1.2	1.5	2.4	2.5	2.7	1.0	0.1	0.1
Importações	0.2	0.0	0.5	0.5	1.1	1.6	1.2	1.3	1.1	0.4	0.4	0.3	0.4	0.6	0.7	0.6	0.5	0.6	0.5	0.8	1.4

Fonte: SNIC, relatórios anuais.

O coeficiente de importações, por sua vez, embora tenha se ampliado na década de 1990 com a abertura comercial e a valorização cambial que se seguiu ao Plano Real, não chegou a superar um patamar médio de 1,3% no quinquênio 1994-1998[34]. A mudança do regime cambial em 1999 e o desaquecimento do mercado doméstico contribuíram para a redução desse coeficiente, que permaneceu em torno da média de 0,5% de 2000 até 2008. Em 2010, com o agravamento da valorização cambial e o aquecimento do mercado interno, as importações deram continuidade à elevação iniciada no ano anterior e o coeficiente de importações aumentou sem, contudo, superar 1,42% (Gráfico 8). Apenas no caso do cimento branco – produto de maior valor, mas, como já se disse, comercializado em escala muitíssimo inferior – as importações são dominantes, até porque o País não produz esse tipo de cimento desde 2009.

Ao analisar os dados de origem e destino das importações em anos recentes, percebe-se a existência de alguns fluxos mais importantes e estáveis, como os que partem do Uruguai para a região Sul – sobretudo, o Rio Grande do Sul – e de Cuba para o Amazonas. Em 2010, ano em que as importações cresceram 118%, surgiram novos fluxos importantes, com destaque para os que têm origem no Vietnã e na Turquia e chegam ao Ceará e Pernambuco (Tabela 10 e Gráfico 9). Esses dois

[34] Depois da expansão da indústria cimenteira durante o período do Plano de Metas, a proporção das importações no mercado brasileiro de cimento só tinha ultrapassado 2% entre 1968 e 1972.

países foram responsáveis por 42% das importações brasileiras de cimento em 2010, mas, além de Uruguai e Cuba, fornecedores mais tradicionais, outros sete países contribuíram com exportações de alguma expressão para o Brasil. Da mesma maneira que Vietnã e Turquia, pelo menos outros três outros países – Portugal, China e Argélia – fogem claramente do perfil mais convencional de exportações para países geograficamente próximos. Note-se também que as importações provenientes em 2010 do México, Bélgica, Egito e Argélia são, em sua totalidade, de cimento branco. Também foram relevantes no caso desse produto as importações da Turquia e de Portugal.

Tabela 10

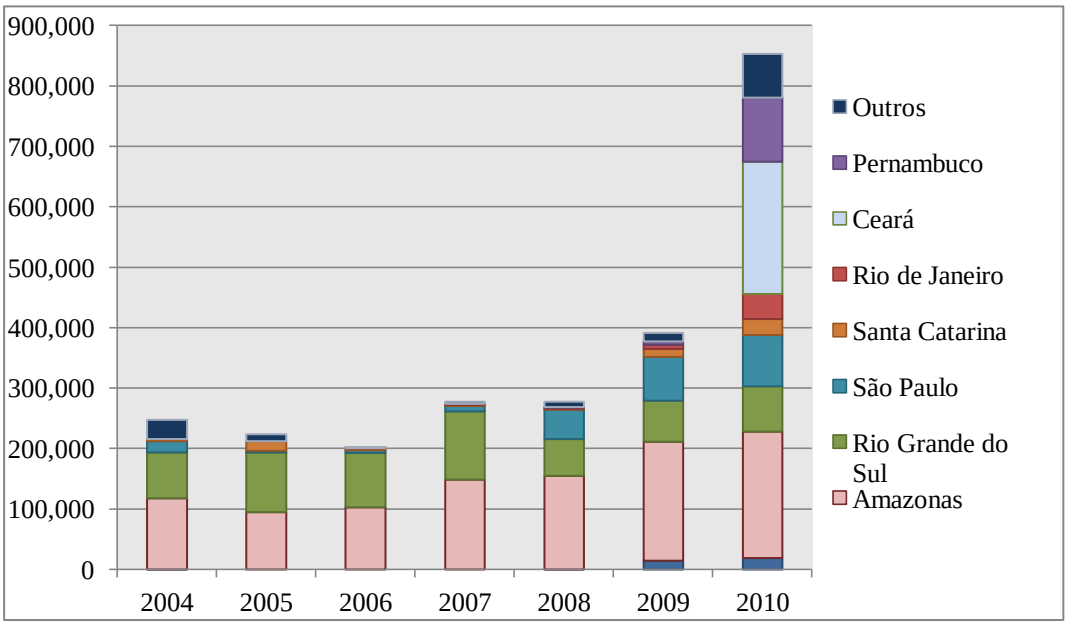
Importações Brasileiras de Cimento por País de Origem (toneladas)

Países	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2005-07	2008-10
Cuba	116.012	94.807	45.485	71.760	135.089	178.862	161.142	212.052	475.093
Vietnã							260.349		260.349
Uruguai	109.302	116.805	92.964	114.258	60.726	62.948	68.781	324.027	192.455
Turquia				1.050	18.297	31.937	99.344	1.050	149.578
México	1.344	2.045	3.171	10.595	26.651	22.935	37.532	15.811	87.118
Portugal					3.891	20.808	49.146		73.845
China							53.684		53.684
Egito	1.519				6.796	20.173	19.564		46.533
Venezuela	656		57.574	77.101	3.711	14.324	18.265	134.675	36.300
Bélgica			243	483	2.919	9.558	18.784	726	31.261
Trinidad & Tobago						3.109	27.019		30.128
Colômbia					1.984	1.282	23.061		26.327
Argélia						7.717	12.057		19.774
Canadá					15.940				15.940
EUA						15.417	246		15.663
Espanha	702	378	3.054	756	1.253	540	432	4.188	2.225
Paraguai	23.345	9.417						9.417	
Outros Países				1.462	387	1.766	3.904	1.462	6.057
Importações (t)	252.880	223.452	202.491	277.465	277.644	391.376	853.310	956.288	1.522.330
Consumo Aparente (mt)	35.734	37.666	41.027	45.062	51.571	51.892	60.008	159.489	163.471
Coef. de Importações	0,71%	0,59%	0,49%	0,62%	0,54%	0,75%	1,42%	0,60%	0,93%

Fonte: SNIC, relatórios anuais.

Gráfico 9

Importações Brasileiras de Cimento por Estado de Destino (toneladas)



Fonte: SNIC, relatórios anuais.

As exportações, muito pequenas, de cimento em 2009 e 2010 foram compostas quase que exclusivamente por transações fronteiriças, como é o caso dos fluxos do Mato Grosso para a Bolívia e do Mato Grosso do Sul para o Paraguai (Tabela 11 e Gráfico 10). De fato, apenas três estados brasileiros exportaram cimento em 2010: Minas Gerais, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. O retrocesso em relação ao quadro de meados da década é bem sintetizado pela redução de 97,3% na quantidade exportada entre 2007 e 2010. Além da redução do volume, houve também encurtamento do raio de comercialização. As exportações para a Europa e, principalmente, os Estados Unidos, que conjuntamente foram responsáveis por mais da metade das vendas externas no período 2003-2008, simplesmente deixaram de existir. Também caíram drasticamente as exportações para a África: depois de atingirem uma média de 200 mt por ano entre 2004 e 2008, só não foram zeradas por conta de pequenas operações para apenas dois países (África do Sul e Angola) em 2010. Em última análise, no biênio 2009-201cessaram os fluxos de exportações transoceânicas de certo porte que tinham origem em fábricas instaladas no Nordeste (Sergipe, Alagoas e Paraíba) em meados da década passada.

Tabela 11

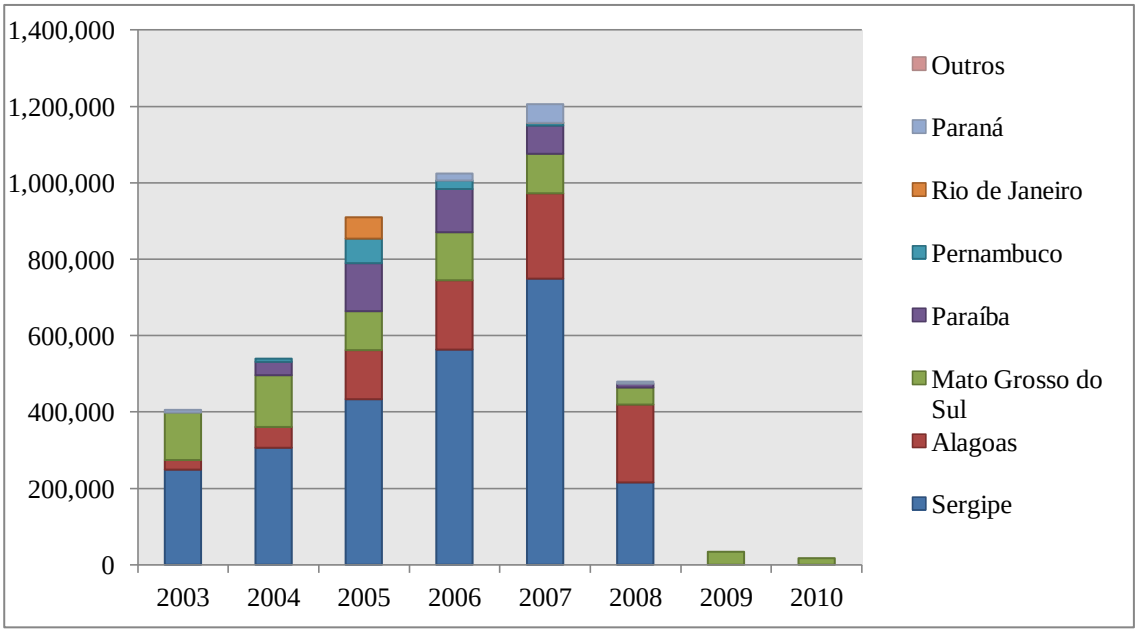
Exportações Brasileiras de Cimento por País de Destino (toneladas)

Países e Continentes	2006	2007	2008	2009	2010	2003-08	Part.%	2009-10	Part.%
Estados Unidos	563.316	73.028				1.655.350	35,4		
Am. Latina e Caribe	280.576	231.019	82.523	46.501	26.227	1.081.458	23,1	72.728	88,1
Paraguai	143.862	125.016	68.379	39.060	16.744	705.847	15,1	55.804	67,6
Curaçao	113.180	51.551				220.432	4,7		
Bolívia	8.352	37.670	6.326	7.441	9.483	69.020	1,5	16.924	20,5
Colômbia	9.182	16.782	7.818			48.362	1,0		
Guiana	6.000					32.832	0,7		
África	197.478	238.376	232.277		9.811	1.053.175	22,5	9.811	11,9
Congo	11.796					197.841	4,2		
Cabo Verde	46.910					141.530	3,0		
Camarões		95.670	80.402			176.072	3,8		
África do Sul	63.220				5.498	81.089	1,7	5.498	6,7
Gâmbia	56.783	109.719	132.882			299.384	6,4		
Namíbia		270				54.270	1,2		
Nigéria	10.046	26.073	18.993			87.622	1,9		
Europa		691.423	177.062			868.485	18,6		
Áustria			85.102			85.102	1,8		
Holanda		691.423	91.960			783.383	16,7		
Exportações (t)	1.041.370	1.233.846	511.602	46.501	36.038	4.678.208	100,0	82.539	100,0
Produção (mt)	41.895	46.551	51.970	51.747	59.117	250.227		110.864	
Coef. de Exportações	2,49%	2,65%	0,98%	0,09%	0,06%	1,87%		0,07%	

Fonte: SNIC, Relatórios anuais.

Gráfico 10

Exportações Brasileiras de Cimento por Estado de Origem (toneladas)



Fonte: SNIC, Relatórios anuais.

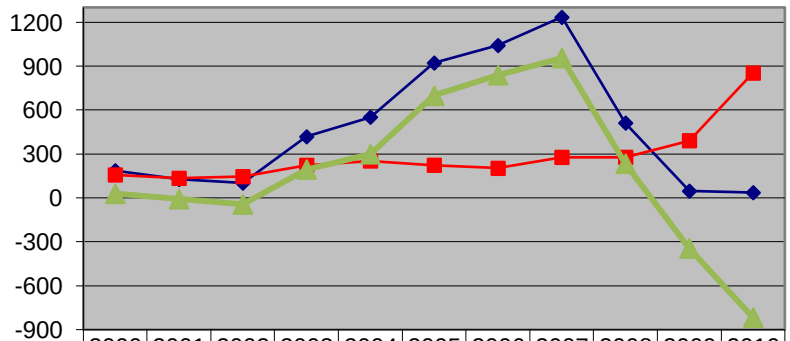
Como resultado dessa evolução das exportações e das importações, o Brasil voltou em 2009 a importar mais cimento do que exportou, situação que predominara

ao longo dos anos 1990 e início da década passada. Entre 2003 e 2007, as importações permaneceram praticamente constantes e as exportações aumentaram fortemente (Gráfico 11). De fato, em 2009 o saldo negativo tem explicação principalmente na redução das exportações, que teve início em 2008. Já em 2010, o aumento das importações foi claramente o componente decisivo. O comportamento dos fluxos de comércio exterior parece estar ligado predominantemente ao aquecimento da demanda doméstica, que desviou fluxos de exportação para o mercado interno e, ao mesmo tempo, aumentou a demanda por cimento em regiões nas quais a produção local era incapaz de abastecer integralmente o mercado, como em alguns estados do Nordeste. Em todo caso, tampouco na indústria do cimento é possível excluir efeitos deletérios da apreciação cambial.

Além das informações disponibilizadas pelo SNIC, que compõem o quadro de comércio exterior de cimento traçado até aqui, deve-se notar que existe também um comércio pequeno, porém relevante, de clínquer (Gráfico 12). Segundo dados do COMTRADE, assim como o comércio de cimento, o de clínquer também passou por uma reversão, ainda em 2009, do ciclo superavitário que tivera início em 2004, passando a ser nitidamente deficitário em 2010 (1.173 mt importadas contra 108 mt exportadas).

Gráfico 11

Evolução das Importações e Exportações de Cimento (mt)

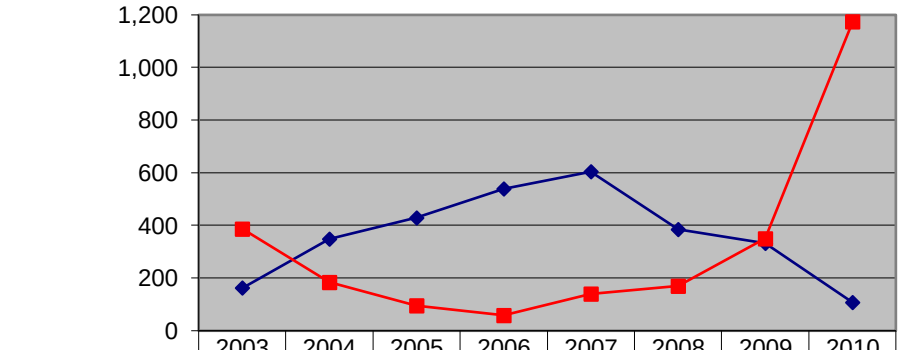


	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Exportações	186	126	101	418	552	922	1041	1234	512	47	36
Importações	157	134	146	223	253	223	202	277	278	391	853
Saldo	28	-8	-44	195	299	698	839	956	234	-345	-817

Fonte: SNIC, Relatórios anuais.

Gráfico 12

Exportações e Importações Brasileiras de Clínquer (mt)



	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Exportação	163	348	429	539	604	385	332	108
Importação	386	184	95	58	140	170	350	1173

Fonte: COMTRADE.

3.3. Estrutura de Mercado e Concorrência

As empresas que operam na indústria brasileira de cimento podem ser divididas em dois subconjuntos distintos de acordo com o porte de suas operações. Seis grupos de maior porte – Votorantim, João Santos, Camargo Corrêa, Cimpor[35], Lafarge e Holcim – responderam por 83% da produção nacional de cimento em 2010. Os três primeiros são controlados por capital brasileiro e os três últimos por capital estrangeiro, mas em todos eles a operação é multiplanta[36]. Já entre as nove outras empresas que têm operações de menor porte, apenas três – Polimix, CP Cimento e CSN – desenvolvem operações em mais de uma fábrica. A portuguesa Soeicom, que usa a marca Liz em seus cimentos, é a única das menores que não tem controle nacional. Entre elas, há empresas estabelecidas há bastante tempo na indústria – Ciplan, Itambé e CP Cimento –, mas também ao menos quatro casos de empresas que só mais recentemente passaram a atuar no setor: Polimix, que opera com a marca Mizú, CSN, Apodi e Brennand.

---

[35] A análise subsequente não considera os efeitos sobre a estrutura de mercado da incorporação da Cimpor pelo grupo Camargo Corrêa, operação iniciada em 2010, aprofundada em 2012 e cujos desdobramentos ainda estavam em curso no momento da redação deste relatório.

[36] Existem importantes diferenças no perfil de diversificação desses seis maiores grupos. Enquanto Votorantim e Camargo Corrêa são grupos diversificados, o primeiro com atuação em vários ramos da indústria de transformação e o segundo com forte atuação na construção pesada e na infraestrutura, os outros têm uma especialização mais clara em cimento e materiais de construção.

Conquanto o número de agentes não seja propriamente pequeno, a indústria brasileira de cimento não escapa das características estruturais destacadas na seção 2.2, como a propensão a economias de escala em nível de fábrica, a intensidade em capital fixo e o acesso limitado a insumos em condições competitivas. Além disso, o ônus dos custos de transporte implica um relativo isolamento competitivo do mercado brasileiro e, dentro dele, a existência de mercados regionalmente segmentados. Dadas essas características, não surpreende que também no Brasil a indústria de cimento seja bastante concentrada. A participação conjunta dos quatro maiores grupos cimenteiros (CR4) no total da produção brasileira vem se mantendo um pouco abaixo dos 70%, acima da média vigente dos anos 1980 a meados da década de 1990 (na casa dos 60%)[37].

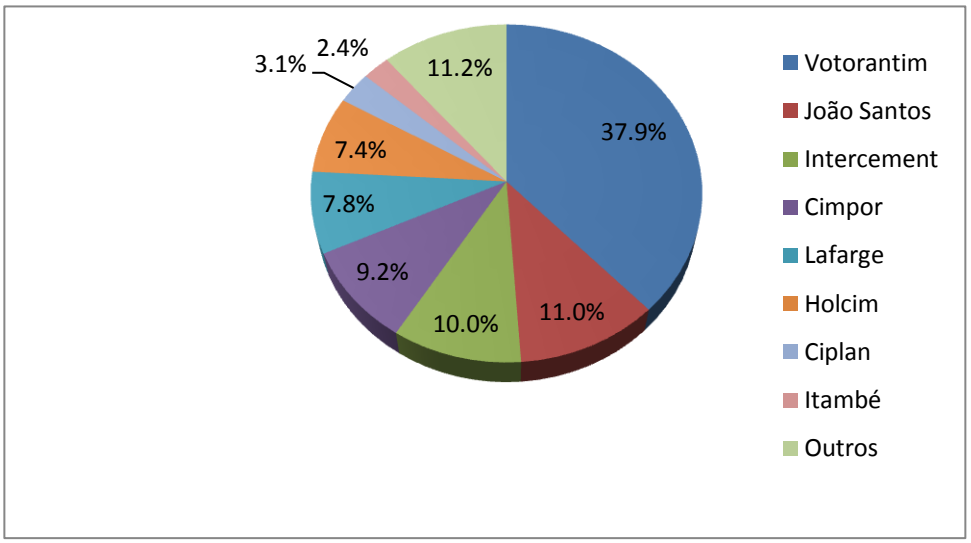
Ainda que o grau de concentração industrial não tenha se alterado muito nos últimos anos, ao analisar a participação de cada grupo no *ranking* das maiores produtoras, são perceptíveis mudanças em algumas posições. Boa parte da concentração do setor pode ser atribuída à Votorantim. Embora sua fatia de mercado já tenha sido um pouco mais alta, o grupo continuava em 2010 a controlar 37,9% da produção brasileira (Gráfico 13). De fato, todos os quatro grupos que lideravam o *ranking* em 2006 (Votorantim, João Santos, Cimpor e Holcim) sofreram ligeiras perdas de parcelas de mercado, enquanto os quatro subsequentes (Intercement, Lafarge, Ciplan e Itambé) aumentaram suas participações. Destas últimas, a Intercement, *holding* no setor de cimento do grupo Camargo Corrêa, experimentou um aumento da participação de 7,2% em 2006 para 10% em 2010, passando do quinto para o terceiro lugar no *ranking*. O grupo francês Lafarge também aumentou sua parcela de 5,8% em 2006 para 7,8% em 2010.

---

[37] Mais precisamente, o CR4 foi de 68,2% em 2010, valor praticamente igual ao de 2006 (68,1%). Considerando a parcela dos seis maiores grupos, observa-se uma discreta elevação, de 81,1% (2006) para 83,3% em 2010. Como não se conhece a produção de algumas das menores empresas que não são associadas ao SNIC, é impossível calcular com exatidão o valor de um indicador mais completo de concentração industrial, como o HHI (Índice de Herfindahl-Hirschman). É possível, porém, estimar que o índice não se alterou significativamente entre 2006 e 2010, mantendo-se pouco abaixo de 2.000 pontos, acima, portanto, do patamar de 1.800 pontos usualmente associado a altos níveis de concentração industrial.

Gráfico 13

Distribuição da Produção Brasileira de Cimento por Grupos Empresariais – em % (2010)



Fonte: SNIC, Relatório anual de 2010.

Tomando como aproximação, sabidamente imperfeita, dos diferentes mercados regionais a divisão geográfica brasileira, percebem-se mudanças mais substanciais na concentração industrial (Tabela 12). A região Sudeste, com uma dezena de produtores, segue com o maior número de grupos relevantes. Nas outras regiões, houve uma significativa desconcentração do mercado com a entrada de novas empresas. Esse movimento foi mais pronunciado no Nordeste, onde atuavam apenas três grupos em 2006, número que subiu para sete em 2010. No Centro-Oeste, atuavam quatro grupos em 2006 e cinco em 2010. No Norte, que em 2006 contava com fabricação local apenas pelo grupo João Santos, atua agora também a Votorantim. Na região Sul, por outro lado, o número de empresas não se alterou.

Em geral, os maiores grupos têm buscado expandir suas operações para além de seus mercados de atuação tradicionais. A contrapartida do movimento de desconcentração referido no parágrafo anterior foi uma diminuição do grau de especialização regional de alguns dos grupos atuantes no setor. O Intercement e a Lafarge[38] construíram ou adquiriram fábricas na região Nordeste, aproveitando o aquecimento da demanda nesse importante mercado regional. Mesmo grupos de menor porte, como o Polimix, procuraram aumentar suas operações na região. O

[38] Não por coincidência, dos maiores grupos, estes dois foram os que mais aumentaram sua participação na produção brasileira de cimento nos últimos anos.

grupo Votorantim, de outra parte, expandiu sua produção para a região Norte com as fábricas de Xambioá (TO) e Porto Velho (RO), passando a deter, em curto espaço de tempo, uma parcela de 40% da produção nessa região. Com isso, consolidou sua posição como único produtor com alcance autenticamente nacional.

Tabela 12

Distribuição da Produção de Cimento por Regiões e por Grupos Empresariais (2010)

	Norte		Nordeste		Sudeste		Sul		Centro-Oeste		Brasil	
Grupos	mt	%	mt	%	mt	%	mt	%	mt	%	mt	%
Votorantim	1.313	40,1	4.283	38,1	8.213	27,6	5.858	68,9	2.715	42,6	22.382	37,9
João Santos	1.960	59,9	3.040	27,1	1.519	5,1					6.519	11,0
Intercement			306	2,7	5.014	16,9			616	9,7	5.936	10,0
Cimpor			2.437	21,7	997	3,4	972	11,4	1.052	16,5	5.458	9,2
Lafarge			798	7,1	3.622	12,2			177	2,8	4.597	7,8
Holcim					4.363	14,7					4.363	7,4
Ciplan									1.810	28,4	1.810	3,1
Itambé							1.432	16,8			1.432	2,4
Outros			367	3,3	6.013	20,2	240	2,8			6.620	11,2
Total	3.273	100,0	11.231	100,0	29.741	100,0	8.502	100,0	6.370	100,0	59.117	100,0

Fonte: SNIC, Relatório anual de 2010.

Apesar da alta concentração industrial ainda prevalecente, não se deve desprezar o efeito da entrada de novos concorrentes no setor, que aproveitaram as oportunidades oferecidas pela demanda aquecida e pelo esgotamento da capacidade ociosa. Os destaques entre os novos entrantes são o rápido crescimento do grupo Polimix, o retorno da família Brennand ao setor e a diversificação da CSN.

O grupo Polimix[39], originalmente um dos líderes na produção de concreto no Brasil, verticalizou para trás suas operações com a fábrica de Vitória (ES), que tem capacidade estimada em 900 mt/ano. Entre 2006 e 2010, o grupo inaugurou mais quatro unidades nos estados de São Paulo, Sergipe, Rio Grande do Norte e Rio de Janeiro, adicionando uma capacidade produtiva de cerca de 2.800 mt/ano distribuída entre as duas regiões que atualmente mais consomem cimento no País. O grupo Brennand, que já deteve mais de 6% do mercado nacional, mas vendeu seus ativos no setor para a Cimpor em 1999 (ANDRADE *et alii*, 2002), retornou à indústria de cimento com a abertura de uma fábrica em Sete Lagoas (MG) com capacidade estimada em 1.000 Mt/ano.

[39] Deve-se registrar que 25% do capital da Polimix pertencem ao grupo Votorantim.

Outro fato relevante foi a entrada da CSN (Companhia Siderúrgica Nacional) no mercado de cimento em 2009. A empresa se beneficia do suprimento cativo de insumos materiais – não só a escória siderúrgica gerada na Usina Presidente Vargas, mas também o calcário das minas de Arcos (MG), que também tem aplicações no processo siderúrgico. A CSN chegou a tentar uma operação mais ousada para dar fôlego a suas operações no setor cimento. Ao final de 2009, apresentou uma oferta pela aquisição do controle do grupo português Cimpor, mas a reação dos grupos Camargo Corrêa e Votorantim acabou por bloquear-lhe esse caminho de expansão[40]. Em todo caso, a CSN realizou uma expansão orgânica, construindo uma fábrica de cimento em Volta Redonda e outra de clínquer em Arcos (MG).

Há semelhanças entre os perfis de diversificação das empresas cimenteiras no Brasil. Seguindo o padrão internacional, várias atuam também em serviços de concretagem. Além disso, algumas operam na produção de agregados (pedra britada e areia) e argamassas. No mercado de cimento, as maiores empresas costumam ofertar uma gama mais ampla de produtos, como mostra o Quadro 2, montado com base em informações obtidas nos *sites* das respectivas empresas. Entretanto, considerando que a margem de substituição entre os diversos tipos de cimento, como se discutiu anteriormente, não é pequena, as lacunas mais sérias no leque de produtos das empresas menores seriam a ausência de cimentos de alta resistência inicial e resistente a sulfatos por parte da Soeicom e Ciplan. Os esforços de diferenciação incluem também o fortalecimento das respectivas marcas. A estratégia predominante é a fixação de uma marca principal por grupo, embora a Votorantim e a Lafarge preservem marcas regionais sólidas. Deve-se salientar, porém, que para a maioria dos compradores, que adquire o cimento básico (CP II-E), o principal atributo competitivo é o preço e não a marca (PINHO, 2008).

---

[40] No momento da oferta, a Cimpor era a 11ª maior fabricante de cimento do mundo, com uma capacidade de 32 Mt/ano, fábricas espalhadas por uma dúzia de países e 9% de participação no mercado brasileiro (RIBEIRO & DURÃO, 2009).

Quadro 2

Tipos de Cimento Fabricados por Grupos Cimenteiros no Brasil

Tipo de Cimento	Voto-rantim	Cimpor	Holcim	Inter-cement	Lafarge	Soeicom	Ciplan	Itambé
CP II E 32	x		x	x	x			
CP II F 32	x	x	x		x		x	x
CP II Z 32	x	x	x		x			x
CP II E 40			x		x	x		
CP III 32	x		x		x			
CP III 32 RS			x	x				
CP III 40	x		x					
CP III 40 RS			x	x	x			
CP IV 32	x	x	x			x	x	x
CP V ARI	x	x	x	x	x	x		x
CP V ARI RS	x	x	x	x	x			x
CPB 40 Estrutural								

Fonte: Sites das empresas.

Por outro lado, o mercado de concreto dosado em central ganhou importância no Brasil desde a década de 1990, principalmente em áreas nas quais técnicas construtivas modernas são mais difundidas. Os fabricantes de cimento buscam verticalizar suas operações para acompanhar o crescimento do mercado, constituindo empresas especializadas ou adquirindo firmas que já atuavam nessa atividade. Informações colhidas nos *sites* das empresas e em jornais permitem estimar que as operações de concreto representem de 4% a 10% das vendas de cimento dos maiores grupos, configurando um importante canal verticalmente integrado de distribuição do produto.

Apesar da relevância das operações com agregados, argamassa e concreto, nitidamente é para a expansão horizontal da atividade principal, a produção de cimento, que os investimentos mais volumosos são destinados. Depois de um período ao final dos anos 90 em que inúmeras fábricas passaram por mudança de controle patrimonial e muitas empresas brasileiras foram adquiridas por grupos estrangeiros, as principais transações que afetaram a indústria de cimento brasileira nos anos 2000 estiveram associadas à internacionalização dos maiores grupos nacionais.

A disputa do controle acionário da Cimpor foi o episódio que mobilizou recursos mais vultosos. Em 2010, as transações em que os grupos Camargo Corrêa e Votorantim adquiriram 31,1% e 21,2% do capital do grupo português mobilizaram € 2,3 bilhões. A Camargo Corrêa pagou € 1,4 bilhão a um conjunto de acionistas

portugueses, enquanto a Votorantim desembolsou € 154 milhões por uma parcela de 3,9% e, mediante troca de ativos, obteve outros 17,3% que pertenciam à francesa Lafarge. Neste acordo, a Votorantim cedeu ao grupo francês três fábricas localizadas na Paraíba, na Bahia e em Goiás. Como a Votorantim firmou um acordo de votação conjunta com um acionista remanescente, a Caixa Geral de Depósitos, que detinha 9,6% das ações, o grupo acabou por assumir o controle de 30,8% do capital da Cimpor, proporção muito parecida à da Camargo Corrêa. Embora um dos propósitos dessa transação fosse eminentemente defensivo – frustrar as pretensões da CSN de atingir uma posição de destaque no mercado de cimento –, a aquisição da Cimpor alavancou a internacionalização de ambos os grupos compradores, já que apenas um quinto da geração de caixa do grupo adquirido tinha origem no Brasil (LUCCHESI & RIBEIRO, 2010).

Essa transação teve importantes desdobramentos em 2012. Primeiramente, a Camargo Corrêa fez uma oferta aos acionistas remanescentes da Cimpor e adquiriu por € 1,5 bilhão 40,5% do capital da empresa. Em seguida, negociou a troca dos 21,2% que a Votorantim detinha no capital do Cimpor por ativos produtivos do próprio grupo português em sete países[41]. Esta parte da transação atendia às restrições impostas pelo CADE, que se opunha não só ao crescimento adicional da participação da Votorantim no mercado brasileiro do cimento, mas também à associação entre dois dos principais fabricantes do produto (BASILE *et alii*, 2012). Ao final da operação, a Camargo Corrêa passou a controlar 94,1% do capital da Cimpor. Ainda que depois da permuta de ativos com a Votorantim o escopo geográfico da Cimpor seja bem menos abrangente do que antes, a transação ampliou enormemente o porte da Camargo Corrêa na indústria de cimento. No Brasil, em particular, a operação implicou consolidar sob um só controle as operações do terceiro e quarto maiores fabricantes de cimento. Permitiu, portanto, à Camargo Corrêa galgar a segunda posição no ranking nacional e fortalecer sua

[41] Entre os ativos que a Votorantim recebeu nessa permuta destacam-se 13 fábricas de cimento com uma capacidade conjunta de produzir 16,5 Mt de cimento por ano. Esses ativos incluem também uma fábrica de clínquer, oito moagens de cimento, cinco unidades produtoras de argamassa, 22 usinas de agregados e 78 centrais de concreto. Correspondem às operações da Cimpor na China, Índia, Turquia, Tunísia, Marrocos, Peru e Espanha, neste caso parcialmente (RIBEIRO, 2012a e 2012b). Depois de consumada essa transação, a Votorantim Cimentos passou a dispor de ativos produtivos em 14 países.

posição do Sul, Centro-Oeste e, sobretudo, Nordeste do País. Reforçou também suas operações no exterior, que passaram a alcançar dez países.

Mesmo antes dessa transação, tanto a Votorantim quanto a Intercement buscaram ativamente ao longo da década passada expandir suas operações para o exterior (Quadro 3). No caso da Votorantim, esse movimento teve início com a compra de três unidades situadas na região dos Grandes Lagos (duas no Canadá e uma nos EUA), numa operação em que o vendedor, a Lafarge, procurava cumprir restrições impostas por autoridades antitruste no bojo da aquisição do grupo britânico Blue Circle. A atuação da Votorantim Cimentos na América do Norte foi reforçada com outras transações entre 2003 e 2007. No total, foram adquiridas seis fábricas de cimento na região, além de 150 unidades voltadas à produção de concreto e agregados[42]. Além dessas transações, o grupo adquiriu 15,2% da chilena Cementos Bio Bio, em 2008; 38,4% da argentina Cementos Avellaneda e da uruguaia Cementos Artigas, em 2009; e 29,5% da peruana Cemento Portland, em 2010.

Já para a Intercement, o início da internacionalização se deu em 2005 com a incorporação da Loma Negra, líder no mercado argentino de cimento, e suas coligadas. De lá para cá, o grupo adquiriu também participações na paraguaia Yguazú Cementos, na boliviana Itacamba Cementos e na Cimpor. Em 2010, havia comprado também uma fábrica de cimento em Moçambique e constituído uma associação para implantar outra planta em Angola (RIBEIRO, 2010)[43].

De modo geral, embora a internacionalização seja importante para as divisões de cimento da Votorantim e da Camargo Corrêa, a orientação dominante nas estratégias de crescimento dos grupos cimenteiros brasileiros tem sido a ampliação da capacidade produtiva doméstica, pressionada tanto pela elevação do consumo

---

[42] Essas operações renderam um faturamento de R$ 1,5 bilhão ou 21% do faturamento total da divisão de cimentos do grupo.

[43] Também a CSN – recém entrante no setor, mas dotada de grande capacidade financeira – esteve perto de iniciar sua trajetória de internacionalização já em 2011 com a incorporação da espanhola Cementos Balboa, negócio que, no entanto, não chegou a se concretizar. A aquisição da Cementos Balboa não seria uma iniciativa estrita da CSN Cimentos, mas sim da divisão siderúrgica do grupo, que pretendia adquirir várias usinas produtoras de aços longos do grupo Alfonso Gallardo e, como parte do negócio, adquirir também a Cementos Balboa. Se a operação tivesse sido concluída, teria agregado à CSN uma capacidade instalada de 1,4 Mt de cimento e 1,1 Mt de clínquer na Espanha.

nos últimos anos quanto pelas perspectivas de expansão adicional de um mercado interno em que ainda são grandes as carências de infraestrutura e moradia.

Quadro 3

Movimentos de Internacionalização das Empresas Cimenteiras Brasileiras (2000-2010)

Grupo	Aquisições (Participação)	Localização dos Ativos	Ano
Votorantim	Saint Mary's	Canadá	2001
	Suwanee (50%)	EUA	2003
	Badger Cement Products	EUA	2003
	S&W Materials Inc.	EUA	2004
	Cemex	EUA	2005
	Prestige	EUA	2007
	Prairie	EUA	2008
	Bio Bio (15,2%)	Chile e Peru	2008
	Avellaneda (38,39%)	Argentina	2009
	Artigas (38,39%)	Uruguai	2009
	Cimpor (21,21%)	Portugal e Brasil, entre outros	2010
	Cementos Portland (29,5%)	Peru	2010
Intercement	Loma Negra	Argentina, Uruguai e Bolívia	2005
	Ancap	Uruguai	2009
	Cemento Yguazú	Paraguai	2010
	Cinac	Moçambique	2010
	Cimpor (32,9%)	Portugal e Brasil, entre outros	2010

Fonte: Relatórios anuais, sites das empresas e informações da imprensa.

Construído a partir das informações divulgadas pelas empresas e pela imprensa, o Quadro 4 apresenta estimativas para o aumento da capacidade produtiva de alguns dos principais grupos cimenteiros. Segundo as estimativas, a capacidade produtiva da Votorantim Cimentos no Brasil deve se ampliar para 40 Mt/ano até 2013. Os novos investimentos incluem oito fábricas em sete estados: Pará (2), Bahia, Maranhão, Goiás, Mato Grosso, Paraná e Ceará. Somente essas unidades devem garantir uma expansão de 10 Mt/ano, às quais deve se somar a ampliação da capacidade produtiva de unidades já existentes. São dignos de nota também os investimentos do grupo Camargo Corrêa, que elegeu a indústria de cimento como um dos seus quatro focos de atuação, e de grupos menores, que atualmente possuem uma capacidade de produção pequena, como CSN Cimentos, Polimix e Brennand. Caso os investimentos destes grupos menores efetivamente se confirmem, dificilmente o grau de concentração do setor deixará de diminuir nos próximos anos.

Já o Quadro 5 resume projeções formuladas em 2010 da evolução da capacidade produtiva da indústria em dois horizontes de investimento diferentes no tempo e no grau de firmeza da decisão de investimento: até 2014 e até 2016. O

horizonte mais próximo, que corresponde a decisões de investimento mais firmes e quase sempre em execução, aponta para uma capacidade instalada de 84 Mt/ano em 2014, 25% mais do que em 2009. A projeção mais longa é, ao mesmo tempo, mais ambiciosa e menos plausível, já que implicaria uma expansão adicional de 27% no período 2014-2016. Em termos regionais, o quadro projeta continuidade do movimento de desconcentração regional. Relativamente à capacidade pré-existente, a expansão da capacidade seria maior na região Centro-Oeste, que ampliaria sua capacidade produtiva em 117%, seguida pelas regiões Sul (67%), Nordeste (64%), Norte (50%) e Sudeste (45%).

Quadro 4

Projeção da Capacidade Produtiva no Brasil por Empresa

Grupo	Capacidade Instalada (mt/ano)	Horizonte	Investimentos (R$ milhões)
Soeicom (Liz)	4.700	2012	n.d.
CSN Cimentos	5.400	2014	1.700
Polimix (Mizú)	6.500	2015	700
Brennand	1.500	2013	630
Holcim	7.900	2014	1.450
Brennand	1.500	2013	630
Intercement	14.000	2016	3.600
Votorantim	40.000	2013	5.000

Fonte: Elaboração própria com base em informações coletadas nos sites das empresas e em jornais.

Quadro 5

Previsão da Expansão da Capacidade Produtiva no Brasil por Região (mt/ano)

Região	Capacidade Instalada em 2009	2010-2014 (em execução)	2012-2016 (a iniciar)	Capacidade Instalada em 2016
Norte	5.000	-	2.475	7.475
Nordeste	12.700	2.860	5.215	20.775
Centro-Oeste	6.500	2.200	5.375	14.075
Sudeste	33.000	8.900	5.875	47.775
Sul	10.000	2.920	3.750	16.670
Total	67.200	16.880	22.690	106.770

Fonte: Valor Econômico, 13/10/2010.

3.4. Competitividade Internacional

Apesar da relevância dos esforços de fixação de marcas e de desenvolvimento de algumas variedades mais nobres para aplicações específicas, na maior parte do leque de produtos a decisão do comprador de cimento é guiada fundamentalmente pelo preço. Numa situação que se aproxima do referencial teórico do produto homogêneo, é muita limitada a capacidade das empresas líderes praticarem preços superiores aos dos concorrentes. Nesse contexto, a concorrência

entre as cimenteiras – e, por extensão, entre os países produtores de cimento – é dominada pela tentativa de obter vantagens nos custos de produção, incluindo aqui não apenas os custos de fabricação, mas também os custos de transporte, especialmente importantes no caso de um produto de valor unitário tão baixo quanto o cimento. Uma vez que os custos de transporte são, em geral, minimizados pela localização estratégica das fábricas perto de seus mercados consumidores, a avaliação da posição competitiva da indústria de cimento brasileira deve enfocar a análise dos custos de fabricação, fortemente dependentes do grau de atualização dos equipamentos principais, da escala de produção e do preço, disponibilidade e nível de eficiência no uso dos principais insumos.

O Quadro 6 apresenta dados sobre as 78 principais unidades produtivas de cimento da indústria brasileira[44]. A média simples da idade das fábricas é de 31 anos e apenas 35% delas iniciaram suas operações após 1990. É preciso afastar a apreciação de que essa idade média elevada implica necessariamente defasagem do parque industrial, não só porque o progresso técnico no setor é, como já se discutiu, relativamente lento, mas sobretudo porque esse indicador não leva em consideração reformas e modernizações que muitas unidades mais antigas experimentaram ao longo de sua existência.

Além disso, não é pequeno o número de fábricas construídas recentemente: das 78 unidades produtivas, 20 foram inauguradas (ou reinauguradas) nos últimos dez anos e 14, entre 2008 e 2011. Esse movimento reflete o ciclo de investimentos desde meados da década passada e acaba levando à utilização de estruturas produtivas mais modernas pela indústria. Apesar de ser possível incorporar por meio de reformas em equipamentos mais antigos muitos dos avanços graduais introduzidos nas tecnologias de produção, certas inovações de maior alcance – como os fornos rotativos de menor comprimento – estão associadas tipicamente a novas plantas.

---

[44] A lista não contempla todas as unidades industriais em operação no país. No entanto, aquelas que não estão listadas são seguramente de menor porte.

Quadro 6

Fábricas de Cimento Instaladas no Brasil (2011)

Fábrica	Município	U.F.	Start-Up	Grupo	Fábrica	Município	U.F.	Start-Up	Grupo
Santa Helena	Votorantim	SP	1936	Votorantim	Salto	Salto de Pirapora	SP	1977	Votorantim
Itaú de Minas	Itaú de Minas	MG	1939	Votorantim	Volta Redonda	Volta Redonda	RJ	1977	Votorantim
Cimpor	João Pessoa	PB	1945	Cimpor	Cimpor	São Miguel dos Campos	AL	1978	Cimpor
Esteio	Esteio	RS	1947	Votorantim	Lafarge	Cantagalo	RJ	1982	Lafarge
Cimpor	Nova Santa Rita	RS	1952	Cimpor	Laranjeiras	Laranjeiras	SE	1983	Votorantim
Tupi	Volta Redonda	RJ	1952	CP Cimento	Holcim	Serra	ES	1984	Holcim
Holcim	Sorocaba	SP	1953	Holcim	Itautinga	Manaus	AM	1985	João Santos
Itapessoca	Goiana	PE	1954	João Santos	Cimpor	Candiota	RS	1988	Cimpor
Corumbá	Corumbá	MS	1955	Votorantim	Lafarge	Caaporã	PB	1989	Lafarge
Holcim	Barroso	MG	1955	Holcim	Nobres	Nobres	MT	1991	Votorantim
Intercement	Pedro Leopoldo	MG	1955	Intercement	Cimpor	Brumado	BA	1993	Cimpor
Lafarge	Itapeva	SP	1955	Lafarge	Intercement	Bodoquena	MS	1993	Intercement
Itajaí	Itajaí	SC	1958	Votorantim	Itaguassu	Nossa Sra. do Socorro	SE	1996	João Santos
Itabira	Cachoeiro de Itapemirim	ES	1959	João Santos	Tupi	Mogi das Cruzes	SP	1997	CP Cimento
Lafarge	Matozinhos	MG	1959	Lafarge	Mizú	Vitória	ES	1998	Polimix
Cibrasa	Capanema	PA	1962	João Santos	Intercement	Jacareí	SP	n.d.	Intercement
Lafarge	Arcos	MG	1962	Lafarge	Itaituba	Itaituba	PA	n.d.	João Santos
Cubatão	Cubatão	SP	1968	Votorantim	Lafarge	Santa Luzia	MG	n.d.	Lafarge
Sobral	Sobral	CE	1968	Votorantim	Itapissuma	Fronteiras	PI	2001	João Santos
Lafarge	Montes Claros	MG	1969	Lafarge	Intercement	Ijaci	MG	2003	Intercement
Cimpor	Cezarina	GO	1970	Cimpor	Mizu	Pacatuba	SE	2003	Polimix
Holcim	Cantagalo	RJ	1970	Holcim	Mizu	Mogi das Cruzes	SP	2005	Polimix
Itapetinga	Mossoró	RN	1972	João Santos	Intercement	Suape	PE	2006	Intercement
Pinheiro Machado	Pinheiro Machado	RS	1972	Votorantim	SP CIM	Suzano	SP	2006	SP CIM
Sobradinho	Sobradinho	DF	1972	Votorantim	Barcarena	Barcarena	PA	2007	Votorantim
Cimpor	Cajati	SP	1973	Cimpor	Lafarge	Candeias	BA	2008	Lafarge
Intercement	Santana do Paraíso	MG	1973	Intercement	Pecém	Caucaia	CE	2008	Votorantim
Itapicuru	Codó	MA	1973	João Santos	Lafarge	Cocalzinho de Goiás	GO	1973/2008	Lafarge
Rio Branco	Rio Branco do Sul	PR	1953/1973	Votorantim	CSN	Volta Redonda	RJ	2009	CSN
Intercement	Apiaí	SP	1974	Intercement	Sepetiba	Itaguaí	RJ	2009	Votorantim
Holcim	Pedro Leopoldo	MG	1975	Holcim	Porto Velho	Porto Velho	RO	2009	Votorantim
Rio Negro	Cantagalo	RJ	1975	Votorantim	Xambioá	Xambioá	TO	2009	Votorantim
Itambé	Balsa Nova	PR	1976	Itambé	Apodi	Dionísio Torres	CE	2010	Apodi
Soeicom	Vespasiano	MG	1976	Soeicom	Mizu	Rio de Janeiro	RJ	2010	Polimix
Tupi	Carandaí	MG	1976	CP Cimento	Vidal Ramos	Vidal Ramos	SC	2010	Votorantim
Cimpor	Campo Formoso	BA	1977	Cimpor	Brennand	Sete Lagoas	MG	2011	Brennand
Ciplan	Sobradinho	DF	1977	Ciplan	Mizu	Baraúnas	RN	2011	Polimix
Itapuí	Barbalha	CE	1977	João Santos	Imbituba	Imbituba	SC	2011	Votorantim
Ribeirão Grande	Ribeirão Grande	SP	1977	Votorantim	Poty Paulista	Paulista	PE	1942/2011	Votorantim

Fonte: SNIC (2011a) e SNIC, *A indústria do Cimento no Brasil*, s/d.

Dada uma capacidade produtiva estimada em 74 Mt/ano de cimento em 2010[45], é possível inferir que a escala média de produção no Brasil se situa apenas

[45] Essa é a estimativa apresentada em USGS (2011). Um documento editado pelo SNIC apresenta duas avaliações um tanto distintas. Citando a nona edição do Global Cement Report, indica uma capacidade de 74 Mt/ano em 75 fábricas (SNIC, 2011b: 16); já uma avaliação própria aponta capacidade de 78 Mt/ano em 79 fábricas (SNIC, 2011b: 5), das quais 48 seriam integradas. A

um pouco abaixo de 1 Mt/ano por fábrica. A Tabela 13 fornece alguns elementos para a comparação internacional da condição do País em termos de escala das fábricas de cimento. Percebe-se que a média das fábricas brasileiras é 20% inferior à encontrada numa amostra de 20 países, ficando 18% abaixo inclusive da encontrada na América Latina. No entanto, desagregando-se a análise, nota-se que essa condição de inferioridade é determinada fundamentalmente pela situação mais favorável de uns poucos países. Com efeito, excluindo-se do cálculo os países asiáticos, a escala média das fábricas de cimento brasileiras é rigorosamente equivalente à média encontrada no restante da amostra; algo semelhante ocorre se forem excluídas do cálculo da média latino-americana as fábricas mexicanas. Além disso, a posição brasileira não é significativamente desvantajosa em escala quando comparada à dos EUA e é certamente superior à dos cinco países europeus listados na tabela.

A situação da indústria brasileira do cimento aparentemente se deteriorou um pouco nos últimos anos em função da entrada em operação de algumas unidades de moagem não integradas à fabricação de clínquer. A escala média de produção de cimento das fábricas inauguradas entre 2005 e 2011 nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste – que representam mais da metade das unidades postas em marcha no período – é de aproximadamente 400 mt/ano[46], enquanto a escala média das unidades instaladas no Centro-Sul do País no mesmo período se situa ligeiramente acima de 1 Mt/ano. É possível, portanto, que a crescente dispersão geográfica que tem acompanhado a expansão do mercado brasileiro de cimento esteja cobrando um preço em termos de aproveitamento das economias de escala na fabricação do produto. As unidades produtivas recentemente implantadas têm porte muito inferior à escala ótima de 10 mt/dia usualmente referida na literatura e encontrada, por exemplo, na Tailândia. Apesar disso, não chega a se configurar uma situação de desvantagem competitiva da indústria brasileira do cimento em termos de escalas de produção. Além dos números apresentados no parágrafo anterior, deve-se ponderar que muitas das fábricas menores operam processos compatíveis com menores escalas – a moagem não integrada à produção de clínquer – e atuam em mercados

---

divergência provavelmente decorre da consideração nesta última estimativa de unidades que estão desativadas.

[46] A exceção é a fábrica da Mizú em Baraúnas, RN, que tem uma capacidade de 1,1 Mt/ano.

locais, nos quais eventuais desvantagens nos custos de fabricação são mais que compensadas pela otimização dos custos logísticos[47].

Tabela 13

Capacidade e Escala Média na Fabricação de Cimento (2011)

Países e Regiões	Fábricas	Capacidade (Mt/ano)	Escala Média (mt/ano)
Brasil	75	73,2	976
Argentina	17	18,0	1.059
Chile	11	7,1	645
Colômbia	20	20,5	1.025
Costa Rica	3	2,4	800
México	34	58,7	1.726
Paraguai	2	0,7	350
Peru	7	11,0	1.571
Uruguai	5	1,5	300
Venezuela	10	9,9	990
EUA	97	98,7	1.018
Canadá	14	18,1	1.293
Espanha	50	55,0	1.100
França	44	29,0	659
Itália	90	60,0	667
Reino Unido	13	12,9	992
Suíça	6	5,2	867
Índia	144	242,0	1.681
Japão	32	61,5	1.922
Tailândia	14	56,3	4.021
América Latina	109	129,8	1.191
AL, exc. México	75	71,1	948
Europeus	203	162,1	799
Asiáticos	190	359,8	1.894
Total	688	841,7	1.223
Total, exc. Asiáticos	498	481,9	968

Fonte: Elaboração própria com base em dados do 9th Global Cement Report citados em SNIC (2011b).

O custo dos insumos energéticos tem importância crítica para a competitividade na indústria do cimento. Como se discutiu no tópico 2.3, as estimativas sobre o peso desses insumos nos custos de produção variam ao longo do tempo e de acordo com o país de referência. Contudo, situam-se habitualmente na faixa de 40% a 50%. Nesse sentido, tanto o preço pago por esses insumos

[47] Um ponto que é mais difícil de avaliar com base nas informações disponíveis é o efeito do grau de heterogeneidade de tamanho existente no conjunto das fábricas brasileiras. Em trabalho anterior (PINHO, 2008), a comparação com a estrutura produtiva de um dos grupos líderes mundiais no setor, a Lafarge, deu sustentação a apreciação de que, embora a heterogeneidade seja grande, não fugiria do padrão internacional. Encerramentos das operações de algumas fábricas nos países que foram mais afetados pela crise do setor de construção podem ter modificado em alguma medida essa situação, mas provavelmente não ao ponto de mudar a conclusão mais geral.

quanto seu rendimento exercem efeitos decisivos na condição competitiva de empresas e países.

Entre os insumos energéticos, o mais empregado no Brasil continua sendo o um subproduto do refino de óleos pesados, o coque de petróleo, que foi responsável por 76% do consumo de energia do setor em 2010 (Tabela 14) e é, em boa medida, importado do Golfo do México[48]. Nos últimos anos, a despeito de fortes oscilações, a tendência predominante tem sido de elevação do preço do coque de petróleo, um resultado inevitável da demanda internacional crescente por energia, em geral, e petróleo e seus derivados, em particular. Como, porém, este é um fenômeno global, seus efeitos sobre a competitividade da indústria brasileira frente a concorrentes externos são limitados e dependem basicamente dos custos adicionais derivados do abastecimento em fontes distantes e sujeitas a significativos custos de transporte.

Tabela 14

Consumo de Energia na Indústria de Cimento Brasileira (em %)

Fonte de energia	1998	2005	2010
Gás Natural	1,4	0,6	0,6
Carvão Mineral	9,8	0,2	1,5
Lenha	0,2	0,0	0,0
Óleo Diesel	0,7	1,2	1,1
Óleo Combustível	52,1	0,8	0,2
Eletricidade	11,6	12,2	10,4
Carvão Mineral	6,1	8,8	1,5
Coque de Petróleo	14,8	66,4	76,3
Outros	3,2	9,7	8,5
Total	100,0	100,0	100,0

Fonte: EPE (2011).

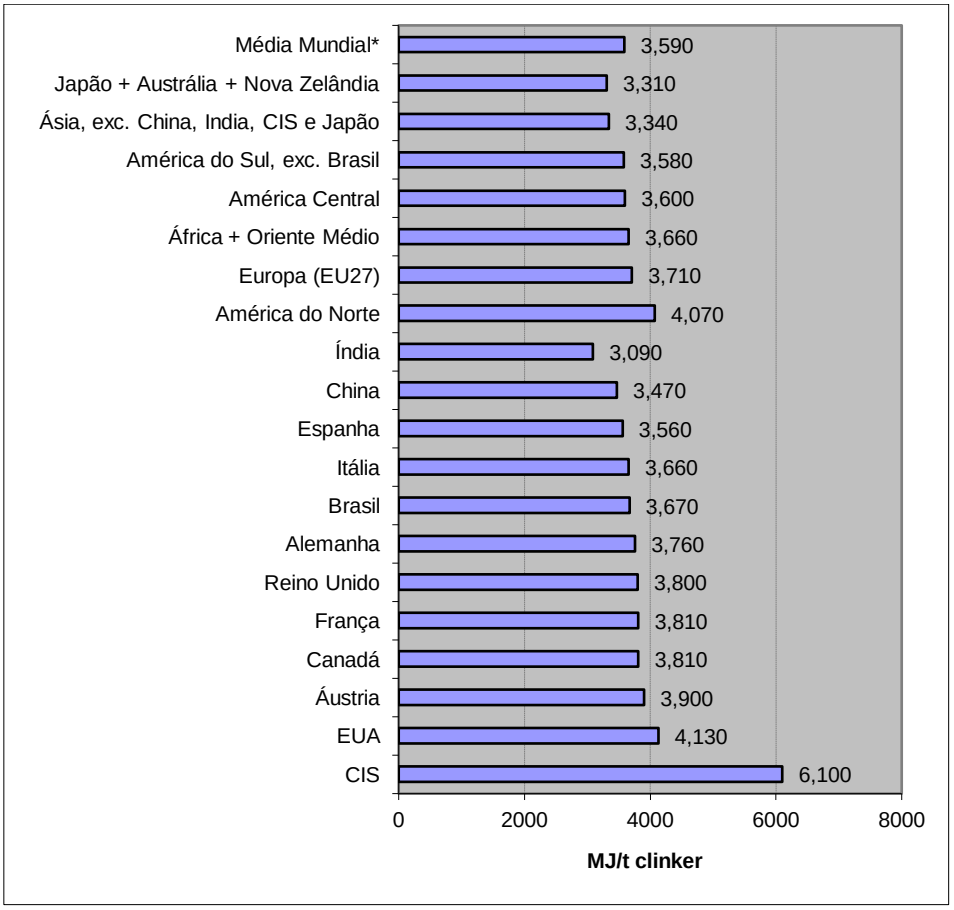
Dados relativos a 2009 disponibilizados pelo *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), através do *Cement Sustainability Iniciative* (CSI), apontam que a eficiência da indústria brasileira de cimento no uso da energia térmica estaria ligeiramente abaixo da média internacional. O consumo de energia seria de 3.670 MJ por tonelada de clínquer, 2,2% acima dos 3.590 MJ encontrados na média dos países cobertos pelo levantamento (Gráfico 14). A situação de ligeira desvantagem se reproduz na comparação com regiões em que a capacidade de

[48] Essa ênfase no uso de coque de petróleo como combustível para a produção de cimento não se reproduz em escala internacional. Referindo-se ao mundo como um todo, IEA (2009: 77) sustenta que o “carvão responde por cerca de 60% do combustível queimado nos fornos produtores de cimento”.

produção tem crescido mais rapidamente nos últimos anos, como o restante da América Latina e, sobretudo, os países asiáticos. No entanto, o indicador de consumo energético no Brasil estaria em posição ligeiramente melhor do que na União Europeia e nos EUA. É provável que a vantagem em relação aos países desenvolvidos – e, sobretudo, em relação aos países que integravam a União Soviética – ainda reflita uma diferença nas taxas de difusão da chamada "via seca", processo que permite uma economia de 50% na energia empregada na fabricação do clínquer. De acordo com o SNIC (2009), 99% do cimento brasileiro são produzidos usando-se esse processo. Já nos EUA, também em 2009, as 19 fábricas de clínquer – de um total de 105 – que operavam apenas a "via úmida" foram responsáveis por 9,2% da produção de cimento (USGS, 2011b: 15). Note-se que em 2008, com o mercado já em recessão mas ainda não tão deprimido, a proporção da "via úmida" na produção norte-americana de cimento atingia 12,5%.

Gráfico 14

Consumo de Energia Térmica na Indústria do Cimento em 2009 (MJ/t de clínquer)



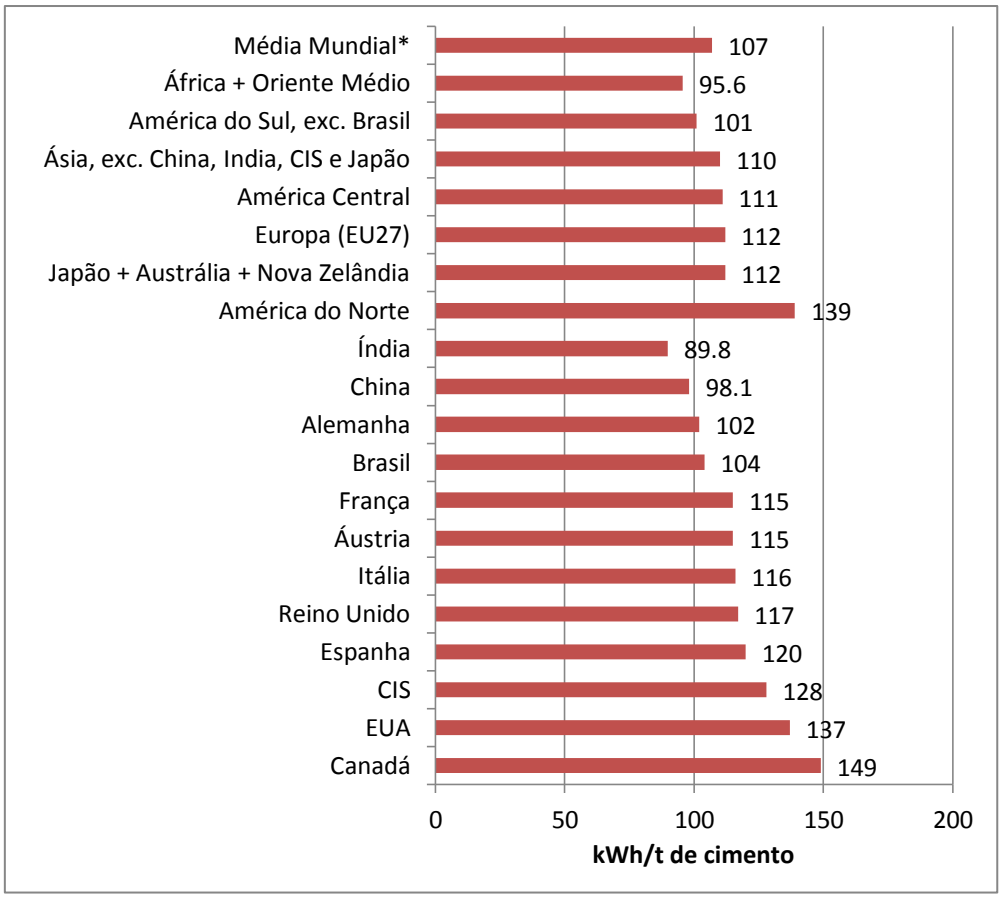
Nota: A média mundial se refere aos países participantes do *Cement Sustainability Iniciative*.

Fonte: WBCSD (2010).

Outro dado importante de eficiência do processo produtivo diz respeito ao consumo de energia elétrica para a fabricação de cimento, que no Brasil representa cerca de 10% do consumo energético total da indústria (Tabela 14). A posição brasileira é mais favorável neste caso do que no consumo de energia térmica. De acordo com informações do CSI relativas a 2009, embora levemente superior ao consumo dos vizinhos sul-americanos e dos dois maiores produtores mundiais – China e Índia –, o consumo de energia elétrica na indústria brasileira do cimento (104 kWh por tonelada de cimento) foi menor do que a média mundial. Mais do que isso, esteve em nível substancialmente abaixo da União Europeia, EUA e Canadá (Gráfico 15). De todo modo, a eficiência técnica no uso de eletricidade tende a ser mais do que compensada pelo preço pago no Brasil pela energia elétrica de uso industrial, que se situa entre os mais elevados do mundo.

Gráfico 15

Consumo de Energia Elétrica na Indústria do Cimento em 2009 (kWh/t de cimento)



Nota: A média mundial se refere aos países participantes do *Cement Sustainability Iniciative*.

Fonte: WBCSD (2010).

A busca de custos mais baixos aliada à redução da dependência de insumos energéticos não renováveis e, em certos casos, a remuneração obtida pela destinação de resíduos potencialmente perigosos tem estimulado a indústria de cimento no mundo inteiro a usar crescentemente insumos energéticos alternativos, O coprocessamento permite usar como fonte de energia e eventualmente insumo material resíduos como pneus velhos, plásticos, óleos, tintas, moinha de carvão vegetal, casca de arroz e bagaço de cana. Segundo o SNIC (2011b), 36 das 48 fábricas integradas de cimento do País, responsáveis por 80% da produção de clínquer, detinham capacidade tecnológica e licença[49] para coprocessar estes insumos alternativos. O aproveitamento de cerca de um milhão de toneladas de resíduos teria permitido substituir 15% do volume de combustíveis fósseis utilizados no setor. Apesar de significativa, essa proporção ainda está bastante aquém da registrada em outros países. Suíça e Holanda apresentam taxas de substituição na casa dos 50%, enquanto Alemanha e França, entre outros países europeus, superam os 30%[50]. Em todo caso, no conjunto da Europa, a substituição se situava em meados da década passada em 17% (CEMBUREAU, 2007).

Outro meio de reduzir o consumo de energia na indústria cimenteira é a fabricação de cimentos compostos, que, como se viu no Quadro 1, utilizam diferentes proporções de insumos materiais em substituição parcial ao clínquer, como escórias siderúrgicas, cinzas de termelétricas e filler calcário. Em 2010, a produção dos dois tipos de cimentos que admitem maior proporção desses insumos alternativos, o CP-III e o CP-IV, representou 25% do total produzido no país. Se acrescentarmos o tipo CP-II – que pode ser composto por proporções menores, mas de pelo menos 10%, de fillers –, chega-se a nada menos que 91% de cimentos compostos. De fato, o Brasil tem uma das menores taxas de utilização de clínquer do mundo: 0,65 tonelada de clínquer por tonelada de cimento, ante 0,78 na União Europeia, 0,90 no Japão e 0,75 na China (MÜLLER & HARNISCH, 2009)[51].

---

[49] A tecnologia de coprocessamento requer diversas adaptações nos processos produtivos e na logística, além de exigir uma licença dos órgãos ambientais para ser colocada em operação.

[50] Segundo informações da revista World Cement, edição de fevereiro de 2007.

[51] Entretanto, a substituição do clínquer por escória de alto-forno traz consigo um problema logístico para a indústria brasileira: o suprimento do insumo alternativo, cuja origem nem sempre é adjacente à fábrica, como usualmente ocorre com o caso do clínquer, pode elevar os custos de produção. Esse problema se agrava pelo fato de que, no transporte da escória, predomina o modal rodoviário.

Como já foi explicado, o clínquer é o produto semiacabado básico para a fabricação do cimento. Por sua vez, a principal matéria-prima utilizada na fabricação de clínquer é o calcário, empregado na proporção de 1,4 tonelada por tonelada de cimento (DNPM, 2009). Entende-se, portanto, que a localização de reservas de calcário com as características mineralógicas e químicas exigidas para a produção de cimento seja o principal determinante da decisão locacional das fábricas integradas de clínquer e cimento. Embora a disponibilidade de jazidas desse tipo em localização suficientemente próxima dos mercados consumidores de cimento seja uma restrição importante para a entrada de novos concorrentes no mercado de cimento, do ponto de vista do Brasil como um todo não chega a constituir uma preocupação. Segundo o levantamento mais recente do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), relativo a 2007, as reservas lavráveis de calcário no território brasileiro alcançavam 50,3 bilhões de toneladas, volume suficiente para sustentar a fabricação de cimento no ritmo atual por 600 anos. O fato de nem todo calcário reunir o conjunto de características exigidas para a fabricação de cimento atenua, mas não modifica substancialmente esse quadro.

4. Impactos Ambientais e Emissões de Carbono

A indústria do cimento historicamente teve sua imagem prejudicada por problemas ambientais, em particular pela poluição atmosférica em escala local associada a suas operações. Com a emergência do problema do aquecimento global, o setor acabou se mantendo na berlinda das questões ambientais, mesmo que o foco do debate tenha se deslocado.

A atual proeminência da questão das emissões de CO_2 no conjunto das questões ambientais que afetam o setor não implica, porém, que na agenda da indústria do cimento outros problemas dessa natureza não existam. Boa evidência disso é oferecida pelo relatório de 2010 da associação empresarial europeia do setor, o Cembureau. Embora priorize o relato das tratativas para reconhecimento da indústria do cimento como um setor vulnerável à "fuga de carbono" (*carbon leakage*) e, portanto, elegível para um tratamento privilegiado no âmbito do *Emissions Trading Scheme*, o relatório (CEMBUREAU, 2011: 22-29) cobre uma série de outras questões ambientais que exigiram a atenção da associação, entre as quais pode-se destacar:

1. Revisão da *Industrial Emissions Directive*, em especial da diretriz que regula a incineração de resíduos e, portanto, o coprocessamento.
2. Discussão dos limites a emissões de mercúrio, debatidas no âmbito do UNEP (United Nations Environment Programme).
3. Definição de guias para registro de resíduos e substâncias recuperadas.
4. Definição de classificação de risco de produtos e de alertas sobre riscos à saúde dos usuários expostos nas embalagens, em conformidade com normas de classificação, rotulagem e empacotamento.
5. Estudos relativos à saúde ocupacional dos trabalhadores, particularmente dos efeitos sobre o sistema respiratório da exposição a poeira contendo cimento.

Neste capítulo, abordaremos primeiramente questões ambientais cujas repercussões são espacialmente menos abrangentes para, em seguida, tratarmos das emissões de gases de efeito estufa (GEE), que são de interesse primordial para este estudo.

4.1. Impactos Ambientais Locais

A fabricação de cimento apresenta um conjunto de impactos ambientais locais ao longo de todo o ciclo de vida de cada unidade produtiva, desde o projeto até a eventual desativação, passando pelas etapas de construção e operação. Os impactos mais importantes, todavia, ocorrem durante a fase de operação, que tipicamente é projetada para períodos de 50 anos ou mais.

A implantação de uma fábrica integrada de cimento, que inclui a extração mineral das matérias-primas, tem impactos relevantes sobre a área ocupada pela mina e regiões adjacentes. Além da biodiversidade e dos registros fósseis, podem ser afetados pela instalação de uma mina elementos valorizados pela comunidade local, como a própria paisagem. Por outro lado, a lista de impactos decorrentes da operação fabril inclui ruídos, resíduos sólidos e contaminação dos rios pela drenagem de águas pluviais. De qualquer maneira, não parece passível de contestação a avaliação de WILLS (2010: 30), que sustenta que "historicamente, as emissões de material particulado (poeira) têm sido a principal preocupação na fabricação de cimento". Entre os poluentes atmosféricos, despertam preocupação também as emissões de gases vinculados à chuva ácida (NO_x e SO_2) e metais pesados, principalmente o mercúrio[52].

As emissões de material particulado ocorrem em vários estágios do processo de produção de cimento: mineração e transporte das matérias-primas; trituração, moagem e mistura das matérias-primas; produção e resfriamento de clínquer; e moagem e empacotamento do produto final. Sem controle adequado, a emissão desses materiais provoca alterações no ambiente próximo à fábrica e impactos negativos na saúde da população (SANTI & SEVÁ, 1999). O pó de cimento gerado na moagem do clínquer, por exemplo, afeta tanto os empregados quanto a comunidade local, provocando enfermidades do aparelho respiratório e outras doenças, como

---

[52] A preocupação com a emissão de mercúrio tem tido consequências importantes sobre a indústria do cimento nos EUA. A Agência de Proteção Ambiental (EPA) emitiu em 2009 – com obediência estipulada para 2012 – normas mais restritivas de emissão de certos poluentes (mercúrio, material particulado, hidrocarbonetos e ácido clorídrico), as quais podem ter impactos negativos sobre a emissão de CO_2. O uso de cinzas volantes de carvão seria inviável na produção de clínquer dados os limites estabelecidos para o mercúrio (0,0215 ppm em plantas pré-existentes e 0,007 ppm em novas plantas – proporções em relação ao clínquer produzido). O conteúdo de mercúrio nas cinzas volantes, que é costumeiramente alto, tende a aumentar ainda mais com a instalação de purificadores nas termelétricas movidas a carvão (USGS, 2011b).

conjuntivite, gastrite, dermatites e bronquites crônicas (BAPTISTA, 1995). SANTI (2003) avaliou os impactos da produção de cimento em algumas cidades cimenteiras da Gande Belo Horizonte, como Pedro Leopoldo, Vespasiano e Matozinhos, e relatou a incidência de várias doenças, particularmente as de caráter respiratório, nas comunidades próximas às unidades industriais.

WILLS (2010: 32) indica que técnicas e equipamentos de controle muito eficientes estão disponíveis a um custo que não é considerado alto. Técnicas simples têm efeitos importantes, como a pavimentação das estradas, o uso de sprays estabilizadores nas pilhas de armazenamento de matéria-prima e a cobertura dos equipamentos de moagem e dos pontos de transferência e estocagem de produtos e semiprodutos. Além disso, em pontos mais críticos do processo podem ser usados filtros de mangas e precipitadores eletrostáticos, equipamentos que conseguiriam reduzir as emissões de material particulado em até 99,8% e 99,9%, respectivamente. O mesmo autor aponta a existência de uma grande variedade de tecnologias capazes de reduzir as emissões de SO_2 e NO_x, com variantes dedicadas ao tratamento das matérias-primas, à melhoria dos processos de combustão em que são gerados e diretamente à redução das emissões.

De toda maneira, a preocupação com essas emissões tem levado ao endurecimento das legislações que estipulam seus limites máximos. Na União Europeia, a comparação entre as diretivas de 1994 e 2000 demonstra uma redução desses limites que, embora generalizada, foi particularmente importante no caso do SO_2 e dos metais pesados (Quadro 7). A legislação federal brasileira tem evoluído numa direção semelhante, embora com certa defasagem e alguns tetos menos restritivos.

O Quadro 8 retrata os limites de emissões estabelecidos para a indústria do cimento pelas Resoluções do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) 382/2006 e 436/2011, que se referem respectivamente a novas unidades produtivas e a fábricas já instaladas em 2 de janeiro de 2007 ou com pedido de licença anterior a essa data. Seguindo o padrão europeu e reconhecendo a dificuldade em adaptar unidades previamente implantadas, a legislação brasileira define padrões mais brandos para fábricas mais antigas. Em todo caso, percebe-se que os limites de emissões tanto de material particulado quanto de NO_x são menos restritivos no Brasil do que na União Europeia. Além disso, seguindo MILANEZ (2007) citado em

WILLS (2010: 51), pode-se estender essa avaliação aos limites de emissões estabelecidos em outra Resolução do CONAMA (264/1999), a qual regula as condições associadas ao coprocessamento de resíduos e define valores máximos substancialmente mais altos para as emissões de dioxinas e ácido fluorídrico (HFl). Por fim, deve-se registrar que a legislação federal remete a regulação do SO_2 para os órgãos ambientais estaduais.

Quadro 7

Evolução dos Limites de Emissões de Poluentes Atmosféricos na União Europeia (mg/Nm^3)

Poluente	Diretiva da UE 1994	Diretiva da UE 2000
Material particulado	50	30
NO_x (plantas antigas)	800	800
NO_x (plantas novas)		500
SO_2	400	50
Compostos orgânicos totais	10	10
Cloro	30	10
Dioxinas	n.d.	0,1
Metais pesados classe 1: Cd, Ti, Hg	0,2	0,1
Metais pesados classe 2: As, Co, Ni, Se, Te	1,0	0,5
Metais pesados classe 3: Sb, Cr, Cu, Mn, Sn, Pb, V, Zn	5,0	

Fonte: BATTELLE (2002) citado em WILLS (2010: 48).
Nota: A Diretiva da União Europeia de 2000, de um lado, discriminou os limites de emissões de NO_x entre fábricas antigas e novas, impondo tetos mais restritivos apenas para estas; de outro, estipulou limites para as emissões de metais pesados das chamadas classes 2 e 3 que são mais pesados e, desde então, conjuntos para as duas categorias.

Quadro 8

Limites de Emissões de Poluentes Atmosféricos no Brasil para Fábricas Novas e Antigas (mg/Nm^3)

Equipamentos	Res. CONAMA 382/2006		Res. CONAMA 436/2011	
	Material Particulado	NO_x	Material Particulado	NO_x
Fornos de clínquer sem coprocessamento	50 (1)	650 (3)	50 (1)	1.000 (3)
Fornos de clínquer com coprocessamento			50 (1)	800 (3)
Resfriadores	50	n.a.	50	n.a.
Moinhos de cimento	50	n.a.	50	n.a.
Secadores de escória e de areia	50 (2)	n.a.	50 (2)	n.a.
Ensacadeiras	50	n.a.	50	n.a.

Fontes: Resoluções do CONAMA.
Notas: Com teores de oxigênio de (1) 11%, (2) 18% e (3) 10%. Além disso, de acordo com a Resolução CONAMA 436/2011, para fornos que operam segundo a via úmida, os limites seriam estabelecidos pelo órgão ambiental licenciador.

4.2. Impactos Ambientais Globais

4.2.1. Emissões de Carbono e Intensidade Energética

Não cabem dúvidas de que entre as questões ambientais que afetam a indústria de cimento, ao menos em escala internacional, atualmente sobressaem as relativas às mudanças climáticas. Efetivamente, a produção do cimento é uma atividade muito intensiva em carbono. O *benchmark* estabelecido para os propósitos da política ambiental europeia ao final de 2010 foi de 766 kg de CO_2 por tonelada de clínquer (CEMBUREAU, 2011). Como já se sugeriu, a fabricação de clínquer é a etapa crítica do processo produtivo em termos de emissões de CO_2, que emergem tanto da energia térmica requerida para as altíssimas temperaturas em que opera o forno rotativo quanto da própria transformação química de descarbonatação do calcário, que libera gás carbônico na atmosfera. Tipicamente, o primeiro desses fenômenos seria responsável, por 40% da geração de CO_2 e o segundo, por 50%. Os outros 10% se distribuiriam mais ou menos em partes iguais entre as atividades de mineração e transporte, de um lado, e as variadas necessidades de energia para a operação da fábrica[53], ainda que neste caso exista uma enorme diversidade de situações e níveis de eficiência. Em contrapartida, na indústria do cimento é reconhecidamente muito limitada a relevância de outros gases geradores de efeito estufa (MÜLLER & HARNISCH, 2009: 10, 18).

Dadas a intensidade da geração de CO_2 no processo de produção e a enorme escala em que o cimento é consumido e produzido, compreende-se a posição de proa do setor no ranking dos emissores. Um estudo da IEA (2010) menciona uma geração total pela indústria de cimento da ordem de 2,0 Gt de CO_2 em 2007, o que corresponderia a pouco menos de 7% do total de 28,9 Gt estimado para as emissões antrópicas nesse ano. Dados mais recentes publicados no site da IEA indicam emissões setoriais em 2009 de 2,3 Gt de CO_2, o que ampliaria um pouco mais a participação nos 31 Gt de emissões totais estimadas para esse ano[54]. Referindo-se a 2006, MÜLLER e HARNISCH (2009: 1) propõem uma proporção ainda

---

[53] De acordo com MÜLLER e HARNISCH (2009: 22), o setor seria responsável por 1,5% da eletricidade consumida no mundo.

[54] Cf. http://www.iea.org/etp/explore/, acessado em 29/12/2012.

maior, de cerca de 8% das emissões de gás carbônico, equivalentes a nada menos que 6% de todas as emissões de GEEs.

Independentemente das divergências nessas estimativas, há um consenso de que, mesmo tendo havido aumento na eficiência energética e ambiental da indústria do cimento nos últimos anos, sua participação no conjunto das emissões não só aumentou como continuará a fazê-lo. De fato, o consumo de energia por tonelada de clínquer entre 1990 e meados dos anos 2000 teria caído 15% no mundo como um todo e cerca de 25% na China (IEA, 2010: 181)[55]. No entanto, o ritmo acelerado de incremento da produção mais do que compensou o aumento na eficiência e, a menos que ocorra uma importante mudança nas trajetórias vigentes, a expansão da produção seguirá sobrepujando a redução na intensidade das emissões.

Um levantamento realizado pela *Cement Sustainability Iniciative* (CSI) do *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) permite desagregar por países o quadro das emissões de CO_2 na indústria do cimento. Os dados apresentados na Tabela 15 não têm cobertura universal, porém abrangem 900 fábricas de 46 empresas responsáveis por 26% da produção mundial. Ratifica-se a redução no nível de emissões por tonelada de produto, mas, sobretudo, revela-se que, do mesmo modo que no caso do consumo de energia (Gráfico 14), as emissões de carbono estão longe de uma configuração homogênea.

A Tabela 15 confirma a posição de liderança da indústria do cimento brasileira quanto à eficiência no uso do carbono. Considerando que o Brasil apresenta um bom desempenho nos indicadores de consumo energético (Gráficos 14 e 15) sem, contudo, desfrutar neles da mesma condição de primazia, pode-se interpretar a *performance* quanto às emissões como fruto do amplo uso de materiais substitutos ao clínquer e da baixa dependência de combustíveis fósseis na geração de eletricidade. Na outra ponta da hierarquia, estão os EUA. Nesse país, a proporção de fornos que operam segundo a via úmida ainda é expressiva, o sistema de

[55] Já a Lafarge, de acordo com entrevista do seu vice-presidente para assuntos científicos publicada no site da empresa, proclama ter diminuído em 20% suas emissões por tonelada de cimento.

geração de energia elétrica depende fortemente de combustíveis fósseis e, por fim, o uso de adições na produção de cimento é muito limitado[56].

Tabela 15

Emissões de CO_2 por Tonelada de Cimento

Países	1990	2000	2005	2009
Brasil	712	628	571	585
Alemanha	729	658	617	589
Índia	810	728	663	600
Áustria	571	641	516	607
França	657	637	637	633
China	816	790	713	642
Itália	641	653	635	647
Reino Unido	950	790	721	648
Espanha	749	712	670	690
Canadá	828	788	781	748
EUA	930	862	794	778
Ex-URSS	775	766	732	781
África + Oriente Médio	*807*	*725*	*673*	*641*
América Central	*720*	*689*	*669*	*636*
América do Norte	*913*	*849*	*791*	*773*
América do Sul, exc. Brasil	*707*	*647*	*615*	*562*
Asia, exc. China, Índia, CIS e Japão	*803*	*774*	*739*	*697*
CEMBUREAU	*726*	*688*	*663*	*647*
Europa (EU27)	*721*	*687*	*660*	*640*
Japão + Austrália + Nova Zelândia	*729*	*713*	*699*	*683*
Mundo*	**764**	**727**	**692**	**653**

Nota: A média mundial se refere aos países participantes do *Cement Sustainability Iniciative*.
Fonte: WBCSD (2010).

O já referido estudo da IEA (2010) aponta que a quantidade média de energia para a produção de uma tonelada de cimento, inclusive eletricidade, variava em 2007 entre 2,9 GJ e 4,7 GJ. Já o uso de energia térmica ficaria entre 3,2 GJ e 4,5 GJ/t de clínquer, com uma média global de 3,9 GJ. A edição mais recente do mesmo estudo é menos explícita em relação a esses parâmetros, mas os números globais permitem inferir, além da estabilidade no coeficiente de uso de energia térmica, uma média global do consumo de energia de 3,5 GJ/t de cimento (IEA, 2012). Como

[56] USGS (2011b: 21) mostra que a proporção de cimentos compostos nos EUA é muito baixa: 2,1% em 2008 e 1,9% em 2009. Isso é ao menos em parte compensado pela prática de usar tanto escória de alto-forno moída a uma granulometria adequada quanto cinzas volantes de carvão como substitutos diretos de cimento na mistura para a produção de concreto. Segundo LORETI (2009), em 2006 13,6 Mt de cinzas foram empregadas na produção de concreto. Além disso, 3,8 Mt foram empregadas como insumo para a fabricação de clínquer.

resultado, em 2009 na indústria do cimento teria feito uso de cerca de 255 Mtep (milhões de toneladas equivalentes de petróleo), o que corresponde a cerca de 85% de toda a energia empregada mundialmente na transformação de minerais não metálicos (IEA, 2009: 78).

4.2.2. Mudanças Climáticas e Regulatórias

A regulação pode agir de duas maneiras diferentes para reduzir as emissões de gases do efeito estufa (GEE): (1) definindo diretamente limites, seja para as emissões, seja para as tecnologias empregadas pelas empresas; (2) gerando incentivos para a adoção de processos com menor impacto ambiental ao impor um preço para a emissão desses gases. No caso da segunda alternativa, pode-se simplesmente fixar um imposto sobre essas emissões ou adotar um esquema em que o preço cobrado é definido a partir de mecanismos influenciados pelo mercado. No caso das emissões de GEE, a experiência internacional tem privilegiado mecanismos deste último tipo.

O sistema de comercialização de emissões (ETS, *Emissions Trade System*) da União Europeia[57] é provavelmente a iniciativa institucional mais ambiciosa de promoção da redução das emissões de carbono[58]. Baseado no princípio do *cap-and-trade*", o sistema tem como ponto de partida a exigência de licenças (*allowances*) de emissões das empresas atuantes nos setores mais intensivos em energia e responsáveis pela maior parte das emissões de GEE. Anualmente, as empresas cobertas pelo esquema têm que apresentar licenças suficientes para cobrir suas emissões, sob pena de pagarem multas pesadas se não o fizerem[59]. Essas licenças são, porém, emitidas em uma quantidade limitada por metas decrescentes ao longo do tempo.

O sistema começou a ser implementado em 2005, já passou por duas fases e entrará numa terceira em 2013. Na primeira fase (2005 a 2007), a União Europeia

---

[57] A discussão dos parágrafos seguintes baseia-se principalmente em informação colhida nos sites da Comissão Europeia (ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm) e da associação empresarial europeia do setor do cimento, o Cembureau (www.cembureau.be/topics/climate-change).

[58] A partir de 2013, o esquema foi ampliado para incluir outros gases do efeito estufa, como o óxido nitroso (N_2O) e os fluorocarbonos (PFCs), que não são relevantes no caso da indústria do cimento.

[59] A multa era de € 40 por tonelada de CO_2 na primeira etapa de implementação do ETS e subiu para € 100 na segunda etapa.

reconhece que quase todas as licenças foram concedidas gratuitamente e mesmo na segunda (2008 a 2012), no mínimo 90% das licenças teriam sido atribuídas sem custo. Na terceira fase (2013 a 2020), o esquema se aproximará gradualmente de sua concepção básica, isto é, as licenças serão leiloadas em proporção cada vez maior. Internalizar ao sistema de preços o custo das emissões implica diretamente penalizar o uso de bens e recursos intensivos em carbono. Por outro lado, a penalização tende a estimular as empresas a adotar tecnologias mais eficientes em termos de emissões. Além disso, a comercialização das licenças de emissões induz a formação de um mercado em que as empresas que enfrentariam custos muito elevados para reduzir suas próprias emissões podem adquirir licenças não utilizadas de outras empresas em que os custos de abatimento são mais baixos, ou seja, são estimuladas formas mais baratas de redução das emissões. Por fim, as receitas obtidas pelos governos no leilão das licenças podem ser investidas na mitigação das mudanças climáticas[60].

O ETS europeu cobre cerca de 11 mil unidades produtivas – fábricas e usinas de energia – de setores intensivos em energia e carbono responsáveis por 45% das emissões de GEE da União Europeia. A fase do programa que se iniciará em 2013 estipula uma redução anual de 1,74% nas emissões licenciadas pelo sistema, resultando num teto programado para 2020. Como já se disse, nessa fase o esquema básico de atribuição das licenças passará a ser o leilão. Já em 2013, pretende-se que 40% das alocações sejam feitas por esse meio. Na indústria de transformação, porém, o cronograma de transição para os leilões é menos estrito. Em 2013, 80% das permissões continuarão a ser alocadas gratuitamente e a proporção declinará gradativamente até 30% em 2020.

Além desse cronograma estendido, setores sujeitos a riscos de *carbon leakage* – transferência da produção para países em que a regulação das emissões é mais frouxa – serão privilegiados na alocação gratuita de licenças. A sistemática é tal que empresas que atingem o *benchmark* setorial em termos de emissões recebem gratuitamente todas as licenças de que precisam. O *benchmark*, contudo, é estabelecido a partir do padrão das empresas que se situam no decil superior em

---

[60] No caso de ETS europeu, o compromisso de cada estado-membro é alocar a esse fim pelo menos metade das receitas obtidas nos leilões das licenças de emissões.

termos de eficiência nas emissões de carbono. Quem tem desempenho inferior a esse parâmetro terá que recorrer ao mercado de licenças para cobrir a diferença. Portanto, embora em setembro de 2009 a indústria do cimento tenha sido incluída na lista de 164 setores sujeitos a esse tipo de risco[61], os efeitos do ETS sobre os fabricantes de cimento na União Europeia acabam não sendo completamente neutralizados. Com efeito, o setor de cimento é um dos que mais compram licenças de emissão de CO_2 pelo ETS: a Lafarge e a Heidelberg estão entre as dez empresas que mais compraram licenças de emissão de carbono em 2011, com aquisições de licenças para emissão de 181.425 t de CO_2 e 101.314 t de CO_2, respectivamente (GLOBAL CEMENT, 2012).

De todo modo, as tendências do preço das licenças de emissões desde que a crise econômica irrompeu na Europa em 2008 tornaram o ETS um mecanismo muito menos efetivo de promoção de transição para uma economia de baixo carbono do que se esperava quando foi concebido. Num contexto que afetou a atividade econômica em geral, mas particularmente setores intensivos em emissões, que costumam responder elasticamente ao ciclo econômico, os tetos de emissões previamente fixados se situam acima da demanda por licenças de emissões. Esse excedente derrubou os preços do CO_2 e tem minado a capacidade do esquema induzir investimentos na direção de tecnologias menos intensivas em carbono, além de reduzir a capacidade de arrecadação nos leilões bem abaixo das cifras inicialmente esperadas[62]. Está em curso um debate sobre as medidas que devem ser tomadas para revisar o ETS da União Europeia. Há propostas para recalibrar os tetos, adotando metas mais restritivas, e para impor preços mínimos nos leilões, mas o contexto recessivo, de um lado, e os sucessivos fracassos nas negociações internacionais sobre mudanças climáticas definem um ambiente pouco favorável à adoção de iniciativas que ampliar o ônus para a indústria europeia.

---

[61] Antes dessa decisão, era muito maior a preocupação da entidade representativa dos interesses empresariais do setor na Europa, o Cembureau. Um estudo encomendado por essa associação ao Boston Consulting Group concluiu que “a produção de clínquer e cimento na União Europeia não é competitiva sem alocações gratuitas de licenças de emissões” (BCG, 2008: 1). De acordo com o mesmo estudo, preços de CO_2 acima de € 35/t levariam a uma transferência completa da indústria do cimento para o exterior e mesmo a um preço de € 25/t mais de 80% da produção de clínquer da União Europeia correria o mesmo risco.

[62] Segundo GRUBB (2012: 4), projetavam-se receitas públicas da ordem de € 150-200 bilhões durante a fase 3 do ETS europeu.

De fato, embora esquemas de *cap-and-trade* sejam muito discutidos, sua aplicação à questão das emissões de GEE em escala internacional é bem limitada. Além da União Europeia, aparentemente apenas dois países estão implantando em escala nacional sistemas semelhantes: Austrália e Nova Zelândia. Há registro também de iniciativas em escala subnacional no Japão, EUA e Canadá. Em quase todos os casos, os esquemas de comercialização são menos abrangentes do que na União Europeia. Nos EUA, a iniciativa de maior alcance cobre nove estados do nordeste do país, mas atinge apenas usinas de geração de energia. Suíça, Coréia do Sul, China e Índia são exemplos de países que, em graus diferentes, avançaram na discussão da adoção de esquemas comercialização de emissões, mas ainda não chegaram a implantá-los[63]. Assim, não surpreende que, apesar de todos os problemas, as licenças de emissões da União Europeia tenham respondido por 84% do mercado mundial de carbono.

Um estudo realizado pela OECD (2008) permite avaliar os efeitos de possíveis desdobramentos futuros no campo da regulação das emissões. O objetivo principal foi projetar o impacto de duas diferentes políticas voltadas à redução das emissões: (1) a adoção de um imposto – ou um esquema do tipo ETS de extensão equivalente – de € 15 por tonelada de CO_2 emitida pela indústria de cimento dos países integrantes da OCDE; (2) a adoção dessa mesma tributação, mas com ajustamentos para compensar seus efeitos sobre o comércio exterior (*border tax adjustments – BTA*), isto é, taxação das importações de acordo com a intensidade em CO_2 do exportador bem como compensação da tributação nas exportações de cimento fabricado localmente.

Tendo como horizonte o ano de 2030, o resultado do modelo para a adoção da tributação, isoladamente, seria uma queda de cerca de 20% nas emissões do setor[64]. As causas de tal redução seriam (1) a mudança tecnológica em favor de processos menos intensivos em energia, (2) o uso de combustíveis de baixo carbono, (3) a tendência a diminuir o conteúdo de clínquer no cimento e (4) o

---

[63] Nos casos da China e da Índia, a ênfase se dirige mais à promoção da eficiência no uso da energia do que propriamente à redução das emissões de GEE. Cf. Box 1 deste relatório e CNI (2012: 10-11).

[64] Este modelo assume um crescimento autônomo de 2% a.a. na produção e de 1,5% nas emissões; a diferença corresponde a um aumento da eficiência decorrente do uso mais intensivo do coprocessamento e de tecnologias mais modernas.

decréscimo no próprio nível de produção no conjunto de países que adotassem a medida (-7,5%). A diminuição da produção responde a efeitos sobre o consumo, mas também à perda de competitividade. Em todo caso, o impacto sobre a competitividade é modesto por causa do custo de transporte, que gera um efeito de isolamento competitivo. Por outro lado, a adoção de BTAs tornaria os impactos sobre a produção ainda menores: perdas de 2% a 4% conforme a extensão dessas medidas. Em outras palavras, o modelo sugere que os impactos sobre as exportações de países mais bem posicionados para a produção de cimentos de baixo carbono seriam modestos.

Em âmbito nacional, foi definido em agosto de 2012 um “Plano Setorial de Mitigação da Mudança Climática para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Indústria de Transformação”. Mais conhecido como Plano Indústria, é um dos detalhamentos da Política Nacional sobre a Mudança do Clima (PNMC), que prevê iniciativas análogas para vários outros ramos de atividade. O cimento faz parte do conjunto de sete setores – alumínio, cal, cimento, siderurgia, papel e celulose, química e vidro – que por responderem por 90% das emissões diretas da indústria de transformação são priorizados inicialmente pela política. O objetivo estratégico do Plano Indústria é “garantir que a produção nacional seja, em média, mais eficiente em termos de emissões de GEE em comparação com o resto do mundo”, dando sustentação e permanência a posição vantajosa identificada nesses setores (MDIC, 2012: 23). Esse objetivo deve ser almejado sem, entretanto, prejudicar o potencial de crescimento da produção industrial.

Nesse sentido, a meta estabelecida para a redução das emissões não é muito ousada: em 2020, reduzir em 5% as emissões ante um cenário tendencial resultante da extrapolação de um crescimento anual de 5% nas emissões de 2005. Para um período de 15 anos, essa meta corresponde a uma diminuição da intensidade em carbono da produção industrial de 0,34% ao ano. Dado o grande peso que as emissões geradas pela mudança no uso da terra e o desmatamento tem nas emissões brasileiras, a meta da indústria não chega a comprometer a meta para o conjunto do País pela PNMC. Além disso, deve-se registrar que, ao menos em sua

versão inicial[65], o Plano Indústria não desdobra metas por setores e empresas nem tampouco estabelece medidas coercitivas e penalizações, enfatizando instrumentos de outra natureza, como incentivos fiscais, estímulos creditícios e a adequação do ambiente regulatório.

As respostas ao questionário aplicado junto a empresas e pesquisadores vinculados ao setor estão registradas na Tabela 16 e são consistentes com o quadro traçado acima. Inquiridos sobre mudanças institucionais e regulatórias associadas a questões ambientais que potencialmente impactariam a indústria do cimento, os interrogados avaliaram unanimemente que no Brasil não há restrições à produção ou ao comércio exterior relacionadas à emissão de CO_2 ou outros GEE. É, por outro lado, amplo o reconhecimento da existência no resto do mundo de pagamento por restrições ambientais, inclusive emissões de carbono. Do mesmo modo, há convergência em torno da avaliação de que o pagamento por emissões de CO_2 e as regulamentações restritivas sobre processos e produtos são, nessa ordem, as medidas com impactos mais importantes sobre o setor. No tocante ao setor do cimento, mudanças no comportamento do consumidor, pagamento por emissões de outros GEEs e restrições ao comércio exterior teriam impacto bem menor. Aliás, também durante as entrevistas foi comum a apreciação de que as medidas que restrinjam ao comércio exterior teriam efeitos mínimos sobre o setor, dada a ínfima projeção exportadora do País neste setor. Outra avaliação importante que emergiu de algumas entrevistas aponta para uma mobilização social muito mais significativa no Brasil em relação a questões ambientais locais do que no âmbito da mudança climática e das emissões de CO_2.

[65] A possibilidade de que isso venha a ocorrer no futuro é, em todo caso, explicitada no preâmbulo do documento que descreve o Plano Indústria: “o eventual estabelecimento de metas de redução de emissões por gás, por setor ou por empresa [ocorrerá] durante as revisões periódicas do Plano Indústria ao longo dos próximos anos” (MDIC, 2012: 20). O Decreto 7.390/2010 prevê revisões em períodos não superiores a dois anos.

Tabela 16

Impactos de Mudanças Institucionais e Regulatórias – Respostas ao Questionário

Mudanças institucionais e regulatórias	Já implantada no **Brasil**?		Já implantada no **Exterior**?		Grau de Importância				
	Sim	Não	Sim	Não	Ne-nhuma	Baixa	Média	Alta	% acima de média
Pagamento por restrições ambientais de caráter local	2	5	5	2	0	2	3	2	71%
Pagamento por permissões de emissões de CO_2	0	7	5	2	0	0	1	6	100%
Pagamento por permissões de emissões de outros GEE	0	7	1	5	3	1	1	2	43%
Restrições ao comércio exterior	0	7	1	6	1	4	2	0	29%
Regulamentação restritiva sobre os processos produtivos	4	3	4	3	0	1	1	5	86%
Regulamentação restritiva sobre os produtos	2	5	3	4	0	1	5	1	86%
Mudanças no comportamento do consumidor	1	6	3	4	1	3	2	1	43%

Fonte: Levantamento próprio.

4.2.3. Emissões de Carbono e Mudança Tecnológica

O já referido estudo da IEA[66] (2010) apresenta também projeções sobre o comportamento futuro da indústria do cimento no tocante à demanda por seus produtos, consumo de energia e emissões de CO_2. A apresentação dos seus resultados oferece um bom fio condutor para a discussão sobre os efeitos do progresso técnico sobre as emissões de CO_2 no setor de cimento. Para esse estudo, foram elaborados dois cenários. O cenário base assume que os governos não implementarão nenhuma política climática ou energética nova, o que não implica descartar a ocorrência de melhorias nos indicadores relativos de emissões de carbono, provocadas pelo próprio encarecimento dos combustíveis fósseis e pela difusão de tecnologias mais eficientes. Segue a tradição das projeções *Business as Usual* (BAU). Já o cenário "blue" parte do princípio de que será alcançada uma redução até 2050 de 50% na emissão de CO_2, proporção considerada necessária pelo IPCC para estabilizar a elevação da temperatura numa faixa de 2 a 3 ºC. Levando em conta os diferentes custos de abatimento, este cenário trabalha com uma diminuição de 20% nas emissões provenientes da indústria do cimento. Em ambos os casos, são adotadas duas variantes, com maior ou menor aumento da demanda. Os principais resultados são sintetizados na Tabela 17.

[66] Há um estudo mais recente da própria IEA sobre o mesmo tema (IEA, 2012). No entanto, esta versão não explicita vários dos mais importantes parâmetros empregados nas projeções, como as emissões de carbono de cada cenário. Sempre que possível e relevante, serão apresentados a seguir adendos mais atualizados às projeções e cenários formulados em 2010.

Tabela 17

Projeções de Consumo de Energia e Emissões de CO_2 em 2050 na Indústria do Cimento

Cenário / Situação	Consumo de Cimento (Mt)	Consumo de Energia (Mtep)	Emissões de CO_2 (Gt)
Atual (2007)	*2.774*	*240*	*2,00*
Base / Baixa demanda	3.817	273	2,45
Base / Alta demanda	4.586	327	2,90
Blue / Baixa Demanda	3.817	287	1,60
Blue / Alta Demanda	4.586	372	1,60

Fonte: IEA (2010: 182-183).

Projeta-se em ambos os cenários um crescimento expressivo da demanda por cimento, mas a taxas bem menores do que as registradas nas últimas duas décadas. Na hipótese de alta demanda, o mercado de cimento cresceria a uma taxa média anual de 1,2%, enquanto na de baixa demanda, o crescimento seria de 0,7% ao ano[67]. A hipótese implícita é de progressivo amadurecimento dos mercados nos países em desenvolvimento, o que se traduziria, por exemplo, num consumo projetado para a China em 2050 inferior ao de 2007 em ambas as situações de demanda. De qualquer maneira, 95% do aumento do consumo teria lugar em países que não são integrantes da OCDE.

No cenário base, que admite certa melhoria da eficiência energética, há elevação das emissões, mesmo quando se presume um crescimento mais moderado da demanda. Já no cenário “blue”, ainda que o consumo de energia cresça, não o faz na mesma proporção da demanda e produção de cimento e, sobretudo, ocorre redução de cerca de 20% nas emissões de carbono. Para se alcançar tais resultados, não bastaria aproveitar as melhorias tecnologias disponíveis, mas adotar novas tecnologias, especialmente sistemas de captura e sequestro de carbono (CCS). É conveniente, portanto, segmentar em duas partes a discussão sobre as mudanças tecnológicas requeridas para a atenuação das mudanças climáticas: difusão das melhores tecnologias já disponíveis e desenvolvimento e adoção de novas tecnologias, algumas delas ainda em gestação.

[67] O estudo elaborado em 2012 aponta para demandas bem mais elevadas em ambas as hipóteses. Com crescimentos anuais de 0,9% e 1,5%, são projetados para 2050 consumos de 4.400 Mt e 5.521 Mt de cimento, respectivamente nas hipóteses de baixa e alta demanda. Cumulativamente, as diferenças em relação aos cenários de 2010 seriam de 15% e 20%.

No campo da difusão de tecnologias disponíveis, sobressai inicialmente o uso de equipamentos com a melhor eficiência energética possível. Como já se argumentou, a alternativa mais favorável para a etapa mais intensiva em energia e emissões é a via seca, com um forno rotativo de larga escala acoplado a preaquecedores em seis estágios e um precalcinador. Nem sempre é possível modernizar fábricas já instaladas para se chegar a esse perfil próximo, instalando, por exemplo, precalcinadores e preaquecedores em fábricas que não disponham desses equipamentos. Contudo, em novas instalações e quando a modernização for possível, o padrão a ser seguido está bem estabelecido.

Efetivamente, as características básicas dos fornos de produção de clínquer são a principal fonte de heterogeneidade no desempenho energético. O Quadro 9 resume a informação disponível a esse respeito. Além de evidenciar a inferioridade da via úmida e dos fornos verticais, o quadro demonstra que é grande a disparidade entre as variantes da via seca. Uma instalação com forno rotativo precedido de seis preaquecedores em suspensão e um precalcinador representa o estado da arte atual, com ganhos relevantes, mas modestos, em relação aos esquemas mais difundidos mesmo em fábricas recentes, que combinam um precalcinador a quatro ou cinco preaquecedores. Os dois estudos que serviram de base para a elaboração do quadro (MÜLLER & HORNISCH, 2008: 20 e IEA, 2009: 90) – coincidem na avaliação de que, em sua melhor configuração, essa tecnologia se encontra muito perto do limite prático de eficiência do processo. Embora o dispêndio energético mínimo em termos estritamente termodinâmicos situe-se no intervalo de 1,7 GJ a 1,8 GJ por tonelada de clínquer, não se acredita que em escala industrial seja possível aprimorar substancialmente o consumo mínimo atualmente alcançado.

A importância que a etapa de calcinação tem no consumo de energia e geração de CO_2 na fabricação de cimento não deve fazer com que se desprezem os efeitos da adoção das melhores práticas e tecnologias em outros estágios do processo de produção. Foi reportado, por exemplo, que na China a mera utilização de material refratário de qualidade superior nas paredes dos fornos pode resultar em uma economia de até 0,5 GJ por tonelada de clínquer. Sistemas de correias transportadoras são uma opção frequentemente superior no transporte interno de insumos. Estão também disponíveis gerações mais avançadas de equipamentos de moagem tanto para a mistura crua quanto do clínquer, as quais permitem reduzir em

40% ou mais o consumo de energia elétrica nas duas operações mais intensivas em eletricidade da indústria do cimento (MÜLLER & HARNISCH, 2009: 19-22). Por fim, na operação de resfriamento do clínquer, que deve ser feita de forma rápida, controlada e capaz de aproveitar o calor residual do processo, resfriadores de grade são uma alternativa mais eficiente aos resfriadores rotativos e planetários (SIGNORETTI, 2008: 66; IEA, 2009: 89).

Quadro 9

Consumo de Energia Térmica em Diferentes Configurações de Fornos de Cimento (MJ/t de Clínquer)

Müller & Hornisch (2008)			IEA (2009)		
Via seca	Avançado / Grande porte	2.950	Via seca	precalcinadores + preaquecedores com ciclones de 6 estágios	2.900
	Médio	3.300		precalcinadores + preaquecedores com ciclones de 5 estágios	3.000-3.100
	Sem precalcinadores	4.000		precalcinadores + preaquecedores com ciclones de 4 estágios	3.100
Longo	Via úmida	5.000-6.700		preaquecedores com ciclones de 4 estágios	3.300
	Via seca	5.000		preaquecedores com ciclones de 2 estágios	3.800
Lepol	Via semi-seca	3.300-5.200		preaquecedores com ciclones de 1 estágio	4.200
Shaft		3.100-6.500		sem preaquecedores	4.600
Dry Hollow		6.270-8.360	Via úmida		5.900-6.700
			Forno vertical		5.000

Fontes: Indicadas na primeira linha do quadro.

Entre as opções tecnológicas convencionais para reduzir simultaneamente a intensidade energética e as emissões de carbono na produção de cimento, uma das mais simples é a intensificação do uso de adições em substituição parcial ao clínquer. Como já foi dito, vários materiais têm propriedades aglomerantes que permitem fazê-lo em maior ou menor proporção (ver Quadro 1). Os mais usados para esse fim são a escória de alto-forno, cinzas volantes da queima de carvão, pozolanas naturais ou artificiais – resultantes da queima de argila – e calcário. A média mundial da razão entre clínquer e cimento já se situa em 80% e as projeções do IEA (2012) indicam que se alcançaria 66% em 2050[68].

[68] A edição anterior do estudo do IEA (2010: 184) fazia referência a uma substituição menos ampla, de maneira que se projeta uma razão clínquer/cimento de 71% em 2050. Ressalte-se que a última

Embora a fabricação de cimento requeira algumas modificações na operação do moinho de bolas e consuma mais energia do que a moagem do clínquer[69], as principais restrições ao aumento do uso das adições em cimentos compostos são de outra natureza. Primeiramente, deve-se ponderar a disponibilidade local de insumos em condições economicamente viáveis. Em escala mundial, a oferta pode ser muito superior à demanda, notadamente no caso das cinzas de carvão, mas, assim como no caso do produto final desta indústria, o baixo valor unitário limita o raio de suprimento desses insumos.

Outro problema em alguns mercados são as objeções do comprador do produto. O cimento à base de escória é mais claro e apresenta uma reatividade mais lenta. Em contrapartida, a resistência no longo prazo é superior assim como a capacidade de resistir a sulfatos e a aplicabilidade à fabricação de concreto massa, usado em grandes obras, como represas e pontes (LORETI, 2009: 9). De toda maneira, em mercados nos quais o uso de cimentos compostos é menos tradicional, as diferenças geram objeções ao uso, sobretudo porque o endurecimento mais lento pode prejudicar o ritmo e a produtividades das operações na construção civil. Essa dificuldade é reforçada adicionalmente em alguns mercados por regulamentação pautada na composição do cimento e não em parâmetros de desempenho.

Já no caso das cinzas volantes de carvão, há uma limitação técnica relevante: para não prejudicar a qualidade do produto, o teor residual de carbono não pode exceder 5% (MÜLLER & HARNISCH, 2009: 33). Embora a restrição continue presente, foi atenuada pelo o desenvolvimento de tecnologias para reduzir o conteúdo de carbono nas cinzas (IEA, 2009: 94). Uma questão que tem gerado mais preocupação nos últimos anos é o conteúdo de mercúrio presente nesse material. A adoção pelas termelétricas de técnicas que visam controlar as emissões atmosféricas do metal fez aumentar o teor de mercúrio nas cinzas de carvão. Vários estudos revisados por LORETI (2009: 23-25) indicam que não há riscos significativos

---

projeção é mais ambiciosa mesmo no contexto de demanda e produção de cimento maiores do que em edições anteriores.

[69] Como a escória de alto-forno é mais dura e abrasiva do que o clínquer, o desgaste do revestimento do moinho é maior, exigindo mudanças no material usado para esse fim ou sua substituição a intervalor menores de tempo. Além disso, como deve ser moída em granulometria mais fina, a moagem da escória também consome mais energia do que a do clinquer (LORETI, 2009: 8 e 19). Registre-se, porém, que essas desvantagens não afetam a economicidade do uso das adições nem tampouco sua eficiência em termos de emissões de carbono.

de que o mercúrio venha a vazar do concreto fabricado com cinzas em substituição ao clínquer[70].

A terceira forma convencional de reduzir as emissões de carbono ao se produzir cimento é substituir o combustível usado nos fornos por fontes alternativas que, de uma maneira ou de outra, tenham menor impacto em termos de emissões. O uso no lugar do carvão de outros combustíveis fósseis que emitem menos carbono por unidade de energia gerada é uma opção que, exceto em condições específicas de abundante oferta local, não é economicamente viável, dados os preços mais elevados de substitutos como o gás natural (MÜLLER & HARNISCH, 2009: 25; IEA, 2009: 103). Em condições de economicidade, as alternativas se encaixam em duas categorias que podem ser distinguidos pela natureza dos seus benefícios em termos de balanço de carbono: o coprocessamento de resíduos e a biomassa.

O Gráfico 16 lista algumas das principais alternativas e apresenta para cada uma delas o conteúdo energético e a intensidade de emissões de CO_2. Para permitir uma comparação apropriada são apresentados os mesmos parâmetros para combustíveis fósseis habitualmente empregados na fabricação de cimento. Percebe-se que no caso dos resíduos coprocessados nos fornos rotativos, quase todos com origem fóssil, o conteúdo energético varia numa faixa mais ampla do que as emissões por unidade de energia. Embora estas não sejam substancialmente inferiores às das fontes mais convencionais para a fabricação de cimento, a queima de resíduos que teriam de ser incinerados ou dispostos em aterros permite cancelar emissões que, de outra maneira, seriam geradas tanto na fabricação de cimento quanto na destinação final desses mesmos resíduos[71]. No caso da biomassa, o

---

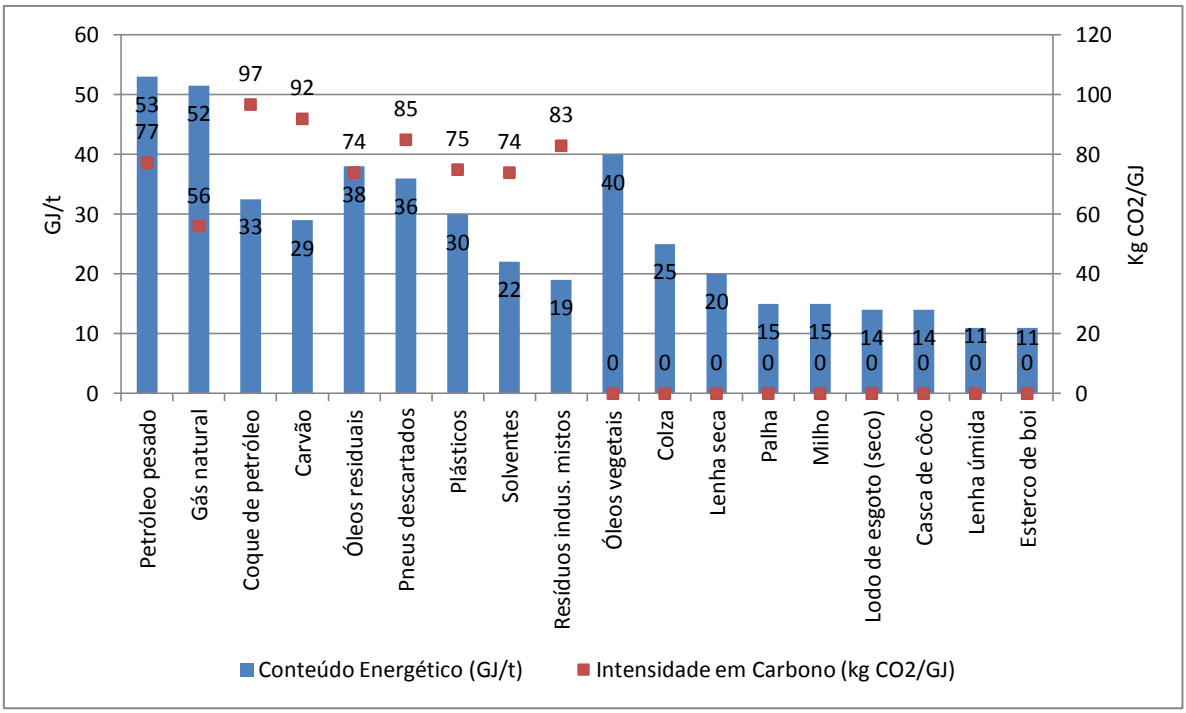
[70] Quando, contudo, as cinzas são queimadas nos fornos e usadas para a produção de clínquer, a situação muda de figura. Mudanças na regulamentação foram propostas nos EUA em 2010 pela EPA (U.S. Environmental Protection Agency) com o objetivo de restringir fortemente os teores aceitos de emissões de emissões de mercúrio por tonelada de clínquer. Os parâmetros propostos inviabilizariam o uso de cinzas na fabricação de clínquer e, em alguns casos, até mesmo do carvão como combustível para os fornos rotativos (USGS, 2011b). Registre-se, contudo, que a prática de usar o clínquer como um insumo para a fabricação do clínquer e não diretamente para a moagem do cimento não parece ser difundida internacionalmente.

[71] Com base em MÜLLER e HARNISCH (2009: 27, 29), deve-se notar que avaliação de que o coprocessamento de resíduos tem impacto positivo para as emissões de carbono depende do cumprimento de algumas premissas. É preciso que os resíduos não possam ser usados de forma ambientalmente superior, por meio de esquemas de reuso e reciclagem. Além disso, é necessário que a alternativa de incineração com cogeração de energia seja menos favorável, condição que, dado o custo de capital muito elevado de usinas com esse perfil em relação a termelétricas convencionais, costuma ser cumprida.

benefício é de outra natureza: as emissões geradas na sua queima são neutralizadas pelo CO_2 absorvido no crescimento das plantas de que se origina.

Gráfico 16

Conteúdo Energético e Intensidade em Carbono de Várias Fontes de Energia



Fonte: Elaboração própria com base em dados de MÜLLER e HARNISCH (2009: 26, 28 e 30), exceto no caso do coque de petróleo, em que os dados são oriundos da EIA (U.S. Energy Information Administration), www.eia.gov/oiaf/1605/coefficients.html, consultado em 27/12/2012.

Entre as iniciativas de caráter convencional, isto é, baseadas em tecnologias testadas e difundidas, para a redução das emissões de carbono na indústria de cimento, alguns analistas incluem também o aproveitamento do calor residual dos gases emitidos pelo processo para a cogeração de eletricidade (MÜLLER & HARNISCH, 2009: 22-25; WILLS, 2010). Em fábricas equipadas com preaquecedores e precalcinadores, a maior parte do calor dos gases de exaustão dos fornos rotativos é reaproveitada no próprio processo, aquecendo o material que se transformará em clínquer. No entanto, os gases são lançados na atmosfera a uma temperatura de 350 ºC. O calor residual remanescente é importante, mas se situa bem abaixo do requerido pelas termelétricas comuns, que operam a 550 ºC na chamada cogeração em ciclo de topo. Ainda assim, estariam disponíveis tecnologias de cogeração em

ciclo de fundo, as quais permitiriam aproveitar o calor residual àquele nível inferior de temperatura[72].

Por meio desses processos seria possível recuperar de 20 a 45 kWh por tonelada de cimento (MÜLLER e HARNISCH, 2009: 22). Utilizando um parâmetro intermediário, esses mesmos autores calcularam que a difusão em escala global dessa forma de cogeração permitiria gerar eletricidade correspondente a ¼ do consumo do setor e evitar 5% das emissões de CO_2 decorrentes da produção de cimento. Existem, porém, dúvidas quanto à viabilidade econômica dos investimentos requeridos para implantar a cogeração, além de, em alguns países, limitações derivadas do desenho institucional do setor elétrico. Outras opções para aproveitar o calor residual dos gases de exaustão seriam sistemas de aquecimento e/ou refrigeração de ar, geração de vapor para processos industriais e mesmo preaquecimento do vapor para uso em centrais termelétricas convencionais. Em todos os casos, a proximidade com centros urbanos, plantas industriais e usinas é ao mesmo tempo uma exigência e uma restrição[73].

Nos cenários traçados pelo IEA (2010), o conjunto de iniciativas de corte mais convencional permitiria reduzir em cerca de ¼ o nível atual de emissões, mas não chegaria a compensar o acréscimo da produção requerido para atender à demanda crescente, mesmo admitindo alguns avanços tecnológicos adicionais. Segundo as projeções do IEA, para que a redução de 20% das emissões até 2050 seja atingida na indústria do cimento será necessário, sobretudo, adotar amplamente sistemas de captura e armazenamento de carbono (CCS).

Duas abordagens diferentes para as tecnologias de CCS podem, em princípio, ser aplicadas ao setor: captura pós-combustão e a oxi-combustão. As tecnologias de oxi-combustão se assentam no uso de combustão no lugar do ar. Isso permitiria aumentar a concentração de CO_2 no fluxo de gases de exaustão,

---

[72] MÜLLER e HARNISCH (2009: 22) referem-se a taxas de recuperação que variam de 30% no caso de turbinas a vapor – equipamentos mais baratos, de acordo com Wills (2010) – a 60% no caso do ciclo Kalina e do ciclo Rankine orgânico.

[73] A colocalização com usinas termelétricas a carvão, por exemplo, reduziria perdas na transmissão de energia e custos de transporte entre a fábrica de cimento e a geradora de energia. Da usina para a fábrica seguiriam energia elétrica, cinzas volantes de carvão e gesso, produzido no processo de dessulfurização dos gases emitidos pela termelétrica; em sentido contrário, seriam transportados os gases de exaustão gerados na fabricação do cimento, cujo calor residual seria usado para preaquecer o valor que move as turbinas para a geração de energia (MÜLLER & HARNISCH, 2009: 24).

atingindo-se um patamar de 80%, muito acima dos 14% a 33% obtidos nas condições usuais. A maior concentração de CO_2 simplifica os processos de purificação e separação. Tecnologias de oxi-combustão estão sendo desenvolvidas para usinas termelétricas, mas sua aplicação aos fornos de clínquer exigirá adaptações que não são triviais. Não só os queimadores são diferentes, como a operação de calcinação nos fornos rotativos tende a ser afetada pela alta pressão do CO_2. Além disso, não é provável que essa tecnologia possa vir a ser adotada em fornos já existentes, restringindo-se seu uso a novas fábricas de cimento especialmente projetadas para contemplá-la.

As tecnologias de captura pós-combustão, em contrapartida, demandariam mudanças muitos menores no processo de produção de clínquer, o que torna mais viável sua aplicação em fábricas previamente existentes. Há uma variedade de meios para absorver CO_2, mas a absorção química é aquela que melhor combina potencial de abatimento das emissões e estágio de desenvolvimento. Embora em escala muito menor, essa tecnologia tem um histórico de utilização nas indústrias química e de gases. Embora as tecnologias de pós-combustão sejam compatíveis com as baixas concentrações de CO_2 típicas dos gases de exaustão, a eficiência do processo aumenta com a taxa de concentração. Nesse sentido, a tecnologia se encaixa até melhor na indústria do cimento do que nas usinas termelétricas, que costumam apresentar uma taxa de 10% a 15% de CO_2 em seus gases de exaustão.

O dispêndio energético com essas tecnologias, ainda não desenvolvidas em escala industrial, é a principal explicação para a tendência de que haja aumento do consumo de energia, mas não da emissão de CO_2 (Tabela 17). Da redução total de emissões em relação ao cenário base, as tecnologias de CCS seriam responsáveis por mais da metade no caso de baixa demanda e ¾ no caso de alta demanda. Para que isso se concretize, uma proporção de até 40% dos fornos terá que ser equipada com a tecnologia em 2050.

O investimento requerido para obter a redução das emissões embutida nos cenários “blue” está sujeito, naturalmente, às diferenças associadas às duas hipóteses de comportamento da demanda e à grande margem de incerteza que envolve tecnologias ainda não plenamente desenvolvidas. O IEA estima um

montante entre US$ 350 bilhões e US$ 840 bilhões em escala mundial[74]. Cabem duas observações adicionais em relação a esses investimentos: (1) como o crescimento da demanda se dará essencialmente em países em desenvolvimento, a maior parte do investimento terá que ser feita nesses países, o que agrava as dificuldades de financiamento; (2) avalia-se que a tecnologia CCS implica duplicar os custos de investimento numa fábrica de cimento, além de aumentar os custos operacionais (ECRA, 2009 *apud* IEA, 2010). É provável que esse custo elevado tenha relação com a resistência às tecnologias de CCS identificada entre os especialistas brasileiros entrevistados para este estudo[75].

No caso da indústria de cimento, alcançar um nível de emissões compatível com trajetórias menos dramáticas para o clima do planeta dependeria muito fortemente da ampla difusão de tecnologias de captura e sequestro de carbono. As projeções da IEA cobrem o conjunto de iniciativas de difusão das melhores práticas em termos de tecnologia atualmente disponíveis. Isso inclui (1) a generalização do uso dos equipamentos mais eficientes, em especial uma combinação de fornos rotativos operando pela via seca com preaquecedores e precalcinadores, (2) a ampliação da taxa de substituição do clínquer por adições e (3) o uso mais intenso de esquemas de coprocessamento de resíduos e de biomassa como combustível. Não foram incorporadas àquelas projeções, contudo, os efeitos de inovações tecnológicas cujo desenvolvimento futuro esteja nas condições atuais sujeito a incerteza. Entre essas inovações tecnológicas emergentes, deve-se destacar (a) o desenvolvimento de tipos alternativos de cimento menos intensivos em energia e carbono e (b) a fabricação de cimento em fornos de leito fluidizado.

---

[74] As projeções apresentadas na versão mais recente do estudo do IEA são menos explícitas, mas embutem investimentos adicionais um pouco mais moderados, entre US$ 390 bilhões e US$ 620 bilhões.

[75] Entre os respondentes ao questionário, o ceticismo em relação às tecnologias de CCS é menos disseminado, mas também se faz presente. Questionados sobre o grau de importância de algumas alternativas para reduzir as emissões de GEE, apenas quatro dos oito respondentes atribuíram alta importância a essas tecnologias. Dois respondentes avaliaram a importância como média e dois outros, pequena ou nenhuma. Nessa mesma questão, alternativas mais convencionais foram consideradas mais importantes pela maioria dos respondentes, atingindo uma pontuação média maior quando as respostas são convertidas em valores seguindo o padrão da escala Likert. Em ordem crescente de importância, são elas: a ampliação da reciclagem e do uso de resíduos; o uso de tecnologias de processo mais eficientes no uso de energia; a mudança de matérias-primas e insumos materiais; e a mudança para fontes de energia renováveis.

Alguns novos tipos de cimento têm sido desenvolvidos. Do ponto de vista das emissões de carbono, suas vantagens variam das menores temperaturas e dispêndio de energia em seus processos de produção – evitando muitas vezes e por diferentes meios a operação de descarbonatação do calcário – até a capacidade de absorver CO_2 do ambiente após o uso na construção. Alguns dos cimentos assim fabricados, como é o caso dos geopolímeros, apresentam limitações de desempenho, como a dificuldade de atingir resistências mais elevadas. No caso dos cimentos belíticos, um produto menos inovador, a dificuldade principal é de outra natureza: o tempo mais longo de "pegas", que prejudica a eficiência das operações na construção civil. Há também casos de classes de cimentos que são mais caros do que os cimentos portland convencionais, mas que, caso a vantagem em termos de emissões de carbono seja precificada, poderiam se tornar competitivos (MÜLLER & HARNISCH, 2009: 33). Um problema ainda mais geral que dificulta a substituição de um produto de uso tão difundido quanto o cimento portland é a necessidade de requalificar toda a enorme comunidade de usuários do produto no setor de construção civil. Em todo caso, exceto no caso de alguns cimentos belíticos adotados em alguns usos específicos na China, a maioria desses cimentos ainda está bem longe de aplicações comerciais em larga escala[76].

No campo das inovações em tecnologia de processo, destaca-se o forno com leito fluidizado, que poderia substituir o forno rotativo. O processo emprega carvão de baixa qualidade em instalações que incluem um forno com leito fluidizado e um resfriador em dois estágios. Controlando a granulometria e a dispersão do clínquer em formação, procura-se aumentar a eficiência da combustão e da transferência de

---

[76] Um indicador indireto disso são as dificuldades para que se consolidem *startups* que foram estabelecidas com o propósito de desenvolver e comercializar alguns desses novos cimentos. A IEA (2009: 90) destaca quatro empresas desse tipo: a inglesa Novacem, a norte-americana Calera e as australianas Zeobond e Calix. Uma busca nos *sites* dessas empresas revela que a primeira delas foi liquidada, tendo transferido a propriedade intelectual para a Calix, que de todas elas aparentemente foi a empresa que mais avançou em seu processo de consolidação. Desde sua fundação, a Calix investiu A$ 40 milhões (dólares australianos) e hoje dispõe de uma planta-piloto com capacidade de 100 t/ida. Contudo, seu faturamento no ano fiscal encerrado em junho de 2012 não chegou a A$ 900 mil. Nem a Calera nem a Zeobond alcançaram tampouco um estágio de operação plenamente comercial. Além disso, nenhum dos produtos parece se pretender um substituto pleno do cimento em todas as suas aplicações. No caso do produto da Calera, há referências explícitas à substituição das adições ao clinquer.

calor[77]. O desenvolvimento dessa tecnologia principiou em 1984, em iniciativa conjunta da Kawasaki Heavy Industries e da Sumitomo Osaka Cement. Em 1986, o projeto passou a contar com apoio financeiro do governo japonês, mais especificamente da Agência de Recursos Naturais e Energia do Ministério do Comércio Internacional e da Indústria. O *scaling-up* do processo tem ocorrido em três fases: em 1989, foi construída uma planta-piloto com capacidade de 20 t/dia; em 1993, entrou em operação outra instalação com escala dez vezes maior; e em 2005 uma nova planta de 1.000 t/dia começou a operar na China. Entre as vantagens propaladas figuram reduções em relação a instalações convencionais de porte semelhante de 32% das emissões de NO_2, 8,5% das emissões do CO_2 e 12% do consumo de energia térmica. De toda maneira, a quantidade de energia requerida para a produção de uma tonelada de clínquer no estágio atual de desenvolvimento da tecnologia (2.993 kJ) não é significativamente inferior ao estado da arte em fábricas convencionais de maior porte, como se pode inferir da comparação com os números do Quadro 9. Além disso, segundo um dos especialistas entrevistados, pesa contra a difusão dessa tecnologia o custo de investimento, que superaria o do processo convencional.

Os oito especialistas no setor do cimento interrogados para este estudo foram chamados a opinar sobre o estágio de desenvolvimento e as perspectivas de difusão em escala industrial de um conjunto de tecnologias (Tabela 18). Entre essas tecnologias foram incluídas não apenas as mais inovadoras acima descritas, mas também processos de corte mais convencional que têm sido submetidos a melhorias que, conquanto incrementais, são significativas, como a cogeração de energia e ampliação da gama de materiais e de fontes de biomassa passíveis de queima nos fornos rotativos.

No caso das inovações mais radicais, predomina uma opinião coerente com a avaliação de que se encontram em estágios iniciais de desenvolvimento e de que sua difusão não deve ocorrer antes de 2030, exceto no caso dos fornos com leito fluidizado, em que se reconhece a operação em escala comercial. Os resultados deste levantamento sugerem, por outro lado, que inovações relevantes estão em

---

[77] As informações sobre essa tecnologia foram obtidas em WILLS (2010) e, sobretudo, em www.brain-c-jcoal.info/cctinjapan-files/english/2_3B1.pdf, site acessado em 28/12/2012.

desenvolvimento no campo da cogeração de energia. É também claramente predominante a apreciação de que essas tecnologias não envolvem inovações de caráter proprietário, o que é consistente com a análise da dinâmica tecnológica setorial apresentada no tópico 2.4 deste relatório.

Tabela 18

Desenvolvimento e Potencial de Difusão de Tecnologias de Baixo Carbono – Respostas ao Questionário

	Estágio Atual de Desenvolvimento				Horizonte de Difusão				Tecnologia Proprietária?	
Tecnologia	Conceito	Bancada	Piloto	Comercial	2015	2020	2030	2050	Sim	Não
Ampliação do coprocessamento de resíduos	0	0	0	8	7	0	0	0	1	7
Uso de biomassa como combustível nos fornos	0	1	1	6	4	1	0	1	2	5
Cogeração de energia com base na recuperação de calor residual	2	1	4	1	0	4	1	1	2	5
Produção de cimento em fornos com leito fluidizado	0	0	0	8	7	0	0	0	1	6
Tipos alternativos de cimento (*belite cements*, *geopolymers* etc.)	7	1	0	0	0	0	4	2	2	4
Uso de energia solar (via concentradores)	4	3	1	0	0	3	3	1	1	5

Fonte: Levantamento próprio.
Nota: Alguns respondentes preferiram não opinar sobre o horizonte de difusão de algumas tecnologias e o caráter proprietário ou não dessas tecnologias.

Para esse mesmo leque de tecnologias, os especialistas foram interrogados sobre as oportunidades para o Brasil se engajar no processo de desenvolvimento tecnológico. As opiniões, resumidas na Tabela 19, variaram bastante de acordo com a tecnologia. As perspectivas foram consideradas bem mais favoráveis no caso da ampliação do coprocessamento de resíduos e dos fornos com leito fluidizado. Em contrapartida, predomina uma posição cética sobre as oportunidades para o País participar do desenvolvimento do uso de biomassa como combustível e, sobretudo, dos tipos alternativos de cimento anteriormente discutidos. Vale registrar que, em quase todos os casos, empresas e, em extensão apenas um pouco menor, universidades são apontadas como as organizações mais habilitadas para atuar no desenvolvimento da tecnologia. O papel dos centros de pesquisa e, mais ainda, dos fornecedores é nitidamente relegado a um plano inferior.

Tabela 19

Oportunidades no Desenvolvimento de Tecnologias de Baixo Carbono – Respostas ao Questionário

Tecnologia	Boa oportunidade para o Brasil?		Instituições críticas para o desenvolvimento da tecnologia					
	Sim	Não	Empresas	Fornece-dores	Universi-dades	Centros de Pesquisa	Outros	N
Ampliação do coprocesamento de resíduos	7	1	6	2	5	2	1	7
Produção de cimento em fornos com leito fluidizado	6	1	7	1	3	1	1	7
Cogeração de energia com base na recuperação de calor residual	4	3	5	1	4	3	0	6
Uso de energia solar (via concentradores)	4	1	5	2	7	4	0	7
Uso de biomassa como combustível nos fornos	3	4	6	1	5	4	0	6
Tipos alternativos de cimento (*belite cements*, *geopolymers* etc.)	2	5	3	2	3	4	0	5

Fonte: Levantamento próprio.
Nota: Alguns respondentes preferiram não opinar sobre alguns dos itens pesquisados.

Embora as informações disponíveis não permitam formular uma avaliação mais taxativa, as opiniões manifestas em algumas das entrevistas qualitativas realizadas para este estudo sugerem que não é dos mais avançados o estágio de desenvolvimento das competências tecnológicas que poderiam ser mobilizadas no Brasil para aproveitar as oportunidades apontadas na Tabela 19. De um lado, as estruturas tecnológicas das empresas são modestas e voltadas mais a atividades rotineiras do que a inovações tecnológicas de maior alcance. De outro, não parecem ser muito amplas as capacidades específicas à indústria do cimento existentes nas universidades brasileiras. Uma busca no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq feita com base em palavras-chave relacionadas a essas tecnologias resulta num número inicial até auspicioso de grupos de pesquisa: 99. No entanto, uma triagem mais cuidadosa dentro desse conjunto indica que apenas 17 deles atuam em tecnologias realmente vinculadas ao setor de cimento[78]. Esses grupos estão

[78] Não se deve supor que esse seja um número que cobre de forma exaustiva os grupos de pesquisa brasileiros envolvidos com a pesquisa de tecnologias de baixo carbono relacionadas à indústria de cimento. Primeiramente, os grupos de pesquisa são estimulados, mas não obrigados a registrar no Diretório de Grupos de Pesquisa suas atividades e linhas de atuação. De fato, não é incomum que as informações prestadas sejam incompletas ou defasadas. Além disso, a estratégia de busca que resultou no primeiro conjunto de grupos, mesmo captando grupos cuja atuação não está vinculada à indústria do cimento, pode ter também deixado de fora grupos relevantes. Os termos empregados na busca foram “coprocessamento de resíduos”, “aproveitamento de biomassa”, “fornos com leito fluidizado”, “cogeração de energia” e “concretos de alto desempenho”, todos eles em combinação com “cimento”.

distribuídos por 15 universidades e 10 estados. Em termos de área de conhecimento, porém, concentram-se decididamente na Engenharia Civil (14 grupos).

Sobre 12 desses 17 grupos estão disponíveis no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq informações que permitem caracterizar sua qualificação e produção acadêmica e tecnológica. Em 2010, esses grupos reuniam 65 pesquisadores com doutorado e nove com mestrado. Aglutinavam também 105 estudantes nos vários níveis do ensino superior. No período 2007 a 2010, formaram 58 doutores e 161 mestres. Em termos de produção acadêmica, destacam-se nesse mesmo período 12 livros, 61 capítulos de livros e 425 artigos, dos quais 223 em periódicos de circulação internacional. Sem embargo, a produção propriamente tecnológica foi muito menos expressiva. Sempre no período 2007-2010, contam-se nove processos e cinco produtos com registro. Além de muito menor, a produção de natureza tecnológica foi mais concentrada. Três grupos foram responsáveis por todas as tecnologias com registro. Há ainda referência a três processos e cinco produtos sem registro, mas, exceto no caso de dois produtos, os responsáveis são aqueles mesmos três grupos já referidos.

5. Análise do Impacto das Mudanças Institucionais e Tecnológicas no Brasil

A indústria do cimento figura entre as fontes mais importantes de emissões de CO_2. No Brasil, ela foi responsável em 2009 por uma proporção em torno de 7,5% do total dessas emissões. Como se viu em tópicos anteriores deste relatório, a intensidade em carbono da produção de cimento é decorrência de um processo de produção que, ao mesmo tempo, compreende uma etapa – a descarbonatação do calcário – intrinsecamente geradora de emissões e é muito intensivo em energia térmica, além de ser também um consumidor importante de energia elétrica. No Brasil, tendo em vista a proeminência das emissões decorrentes da mudança do uso da terra, a participação é bem menor. Embora os inventários de emissões disponíveis não discriminem as emissões indiretas derivadas do consumo de eletricidade, pode-se estimar, considerando-se a baixa intensidade em carbono da matriz de energética brasileira, essa parcela em um valor próximo a 1,5%[79]. A tendência de crescimento no médio prazo do consumo de cimento, tanto no País quanto em escala mundial, traz a indústria do cimento ainda mais para a linha de frente no debate sobre as ações para a mitigação das emissões de GEE.

As mudanças institucionais que têm ocorrido em resposta ao desafio das mudanças climáticas não exerceram, até este momento, efeitos críticos sobre o setor. As iniciativas mais ambiciosas – e potencialmente mais onerosas para a indústria do cimento – são os esquemas de comercialização de licenças de emissões (ETS, na sigla em inglês) em discussão em vários países do mundo. Mesmo no caso da experiência europeia, certamente a que mais se destaca em termos de abrangência setorial, espacial e temporal, os setores industriais que, dada sua intensidade em emissões, são mais sensíveis tem conseguido se eximir dos ônus, não só porque a conjuntura recessiva tornou as metas de emissões relativamente frouxas, mas também porque foram concedidas licenças gratuitas àqueles setores em que a adoção plena do ETS implicaria riscos de perda de competitividade em relação a países que não adotam o mesmo esquema. Em contrapartida, não há notícia da adoção efetiva de normas específicas que visem

---

[79] Tomando-se apenas as emissões diretas discriminadas no mais recente inventário brasileiro de emissões essa participação se situaria em 1,4% em 2005, último ano com informações disponíveis (MCT, 2010). Consideradas apenas as emissões do setor industrial, a participação do setor de cimento alcança 16,3%.

proteger a produção doméstica da concorrência de importações de cimento com base em argumentos de *carbon leakage*. Com efeito, a regulação do comércio internacional do produto continua a se caracterizar por um nível relativamente baixo de restrições institucionais, exceto, como se viu na seção 2.1.3, em países que se encontram em estágios iniciais do processo de desenvolvimento e procuram estimular a fabricação local do produto.

Efetivamente, a adoção unilateral de esquemas de tributação ou precificação das emissões de carbono poderia vir a ter efeitos importantes sobre o comércio internacional mesmo numa indústria caracterizada pelo baixo grau de abertura e pela proteção natural decorrente das condições e do custo de um produto perecível e de baixo valor unitário. De fato, uma taxação de € 40 por tonelada de CO_2 seria bem mais pesada para o setor do cimento do que, por exemplo, para as indústrias siderúrgica e do alumínio[80].

Nesse contexto, vale a pena avaliar se a difusão de esquemas localizados de ETS poderiam viabilizar a formação de um fluxo de exportações importante a partir de países, como o Brasil, que produzem cimento menos intensivo em carbono. As condições para que isso ocorra, no entanto, são muito implausíveis. No caso de exportações para a União Europeia, por exemplo, seria necessário não só que o cronograma de ampliação da proporção leiloada das licenças de emissão seguisse, a despeito das muitas objeções, o curso planejado, mas também que: (1) o mercado de carbono manifestasse um vigor muito maior do que tem sido observado nos últimos anos – período em que a crise econômica tornou as metas de emissões que definem o teto das licenças relativamente frouxas – e os preços se alçassem ao patamar pretendido quando da implantação do ETS (entre € 25 e € 40); e (2) não

[80] A esse respeito, um exercício revelador é calcular que proporção do preço médio de venda de cada um desses materiais representaria o custo adicional de precificação do carbono. Um ponto de partida conveniente é a projeção para o preço da tonelada de CO_2 que embasaram a formulação do ETS europeu, um patamar que é considerado necessário para que o esquema realmente induza à adoção de tecnologias menos intensivas em emissões. De acordo com GRUBB (2010: 5), foram projetados preços entre € 25 e € 40 ou, grosso modo, US$ 30 a US$ 50. Admitindo-se os níveis médios globais de emissões em cada um desses setores (1.800 kg de CO2eq/t de aço, 9.700 kg de CO2eq/t de alumínio e 750 kg de CO2eq/t de cimento) e o patamar usual de preços para esses materiais (US$ 1.000/t de aço, US$ 2.000/t de cimento e US$ 100/t de cimento), a precificação das emissões imporia um aumento do custo equivalente a entre 5% e 9% do preço do aço, 15% e 24% do preço do alumínio e 23% e 38% do preço do cimento. O ônus para o cimento é maior, em última análise, porque embora em termos estritamente físicos a produção de uma tonelada de cimento seja menos intensiva em emissões do que a dos outros dois materiais, a intensidade em termos monetários, dado o valor unitário mais baixo do produto, acaba por ser maior.

fosse definido nenhum esquema de compensação no comércio com países em que a produção esteja isenta desse ônus. Esta última condição, em particular, é de todo improvável. Num contexto em que as importações sejam submetidas a uma tributação que precifique o carbono, os diferenciais em termos de intensidade em carbono não são suficientemente expressivos a ponto de sobrepujar os custos de transporte transoceânico do cimento e, menos ainda, justificar investimentos em capacidade produtiva orientada apenas diretamente à exportação. De acordo com a Tabela 15, as emissões de CO_2 pela indústria brasileira na fabricação de cimento seriam em 2009 cerca de 50 kg/t inferiores às europeias. Um preço, muito acima do patamar atual, de € 40 para uma tonelada de CO_2 se traduziria, portanto, numa vantagem de custo para o produto brasileiro de apenas € 2 por tonelada de cimento, claramente insuficiente para compensar o custo de transporte.

O grande peso que a indústria do cimento tem no conjunto das emissões de GEE torna indispensável sua participação no conjunto de ações de mitigação das mudanças climáticas. Mesmo admitindo para o setor uma redução das emissões até 2050 em torno de 20%, inferior ao corte geral de 50% que é considerado necessário para manter o aquecimento global dentro de um patamar próximo a 2 ºC, os estudos da Agência Internacional de Energia têm mostrado que são requeridas mudanças tecnológicas muito amplas na indústria do cimento para que o objetivo seja atingido. De um lado, seria preciso difundir globalmente o conjunto de melhores práticas e tecnologias já disponíveis que foi detalhado na seção 4.2.3. Isso, porém, insuficiente. É preciso desenvolver e adotar tecnologias inovadoras de baixo carbono. Tendo em vista que as inovações em produto e processo específicas do setor não parecem ser suficientemente promissoras ou passíveis de desenvolvimento de forma tempestiva, tecnologias de captura e sequestro de carbono (CCS) devem ser vistas como um componente central da trajetória de ajustamento do setor a uma economia de baixo carbono. De acordo com IEA (2012: 405), “sem a implementação de CCS no setor, as emissões de CO2 [da indústria do cimento em 2050] serão mais altas do que o nível de 2009, mesmo se todas as outras opções de tecnologia forem implementadas”.

Com efeito, as tecnologias de CCS respondem por mais da metade da redução das emissões setoriais num cenário compatível com um aquecimento global limitado a 2 ºC. Para que essa trajetória seja viável, a IEA (2012: 406) alerta que é

necessário dispor de operação em escala-piloto em 2013, plantas de demonstração em fábricas de cimento em 2015 e operação comercial entre 2020 e 2025. A adoção da tecnologia, contudo, não só aumenta os custos operacionais, como pode duplicar o custo de investimento. Ao contrário de muitas das mudanças propugnadas dentro do campo das tecnologias convencionais, a adoção de tecnologias de CCS não seria economicamente viável a menos de alterações no marco institucional capazes de mudar a sinalização do sistema de preços e gerar os incentivos requeridos para seu desenvolvimento e implantação.

A discussão sobre as políticas setoriais de ajustamento às mudanças climáticas no Brasil não devem ignorar especificidades da indústria do cimento e do País. É verdade que o baixo coeficiente de exportações torna pequeno o efeito potencial de eventuais restrições internacionais ao cimento brasileiro. Além disso, o fato de as emissões de GEE brasileiras se concentrarem em efeitos da mudança no uso da terra torna menos críticas as emissões da indústria e do setor de cimento. Não é razoável, de toda maneira, supor que a longo prazo a indústria do cimento brasileira possa ficar à margem dos esforços para reduzir as emissões, ainda mais porque seu próprio crescimento em conjunto com o controle de outras fontes reforçará o papel do setor no conjunto das emissões. Com isso, o ambiente político tenderá a mudar, acentuando as pressões internas, que hoje são pouco expressivas. Por outro lado, considerando o caráter crítico das emissões setoriais e a expectativa de que 95% do aumento do consumo do cimento até 2050 tenha lugar em países em desenvolvimento (IEA, 2009: 93), é de se esperar uma intensificação ao longo do tempo das pressões internacionais sobre a indústria do cimento dos países emergentes.

Nesse contexto, um objetivo consequente e desejável para as políticas de ajustamento às mudanças climáticas neste setor deve ser a sustentação da posição relativa favorável que o cimento brasileiro atualmente desfruta em termos de emissões de carbono. Para que isso possa ocorrer sem prejuízo do crescimento necessário da oferta de um produto essencial para a ampliação da infraestrutura econômica e social do País, é necessário adotar medidas que promovam as mudanças tecnológicas requeridas, inclusive a incorporação gradual no futuro de esquemas de captura e sequestro de carbono.

A despeito do bom desempenho atual da indústria de cimento brasileiro em termos de emissões de carbono, a heterogeneidade do parque indica que ainda há oportunidades relevantes para ampliar a difusão das melhores tecnologias convencionais disponíveis. Uma iniciativa importante para otimizar o parque produtivo nacional seria realizar um levantamento detalhado da situação atual e das possibilidades de melhoria em cada uma das fábricas de cimento do País. Esse levantamento poderia se concentrar nos equipamentos críticos para o rendimento energético e emissões de carbono – moinhos, resfriadores de clínquer e o conjunto de instalações da etapa de calcinação (preaquecedores, precalcinadores e fornos rotativos) – e cobrir adicionalmente a caracterização da instrumentação de controle.

A substituição do clínquer por adições é uma área em que a indústria provavelmente terá dificuldades para manter a taxa atual, que se destaca internacionalmente. A colocalização em Minas Gerais dos principais polos de siderúrgico e cimenteiro do País gerou disponibilidade de escória de alto-forno a curta distância das fábricas de cimento. O crescimento da produção de cimento num ritmo mais rápido do que o da produção de aço tem diminuído a disponibilidade relativa desse insumo[81], situação que tende a se agravar se a siderurgia brasileira seguir a tendência projetada internacionalmente de expansão mais vigorosa das usinas semi-integradas, que dispensam os altos-fornos e são bem menos intensivas em carbono.

As dificuldades se acentuam também em função das alterações no padrão espacial da indústria cimenteira. A economicidade do suprimento das adições que substituem o clínquer depende da proximidade entre a fonte desses insumos e a fábrica de cimento que o aproveita. Ao contrário das regiões Sudeste e Sul, que dispõem respectivamente de escórias siderúrgicas e cinzas volantes do carvão, as regiões de maior crescimento do consumo e produção de cimento (Tabela 9) não são dotadas de fontes igualmente amplas de insumos. No Nordeste, uma solução que tem sido empregada em algumas fábricas, dependendo da disponibilidade de matéria-prima adequada, é a queima de certos tipos de argila para a produção de pozolanas artificiais. Entre os materiais mais abundantes que poderiam ser

---

[81] Entre 2000 e 2011, a produção brasileira de cimento cresceu 61% e a de aço bruto, afetada pela perda de competividade, apenas 26%.

empregados com esse fim, desponta o próprio calcário. As normas atuais (Quadro 1) prescrevem uma proporção máxima de 10% de calcário no cimento, mas especialistas entrevistados para este estudo asseguram que é possível adotar com segurança uma proporção de 15%, como na Argentina, ou até 20%. Mais genericamente, caberia discutir a adoção de normas vinculadas não à composição do cimento, mas ao seu desempenho, com sugerem no âmbito do debate internacional MÜLLER e HARNISCH (2009: 33).

No caso do coprocessamento de resíduos e uso de combustíveis alternativos, a situação é muito diferente e existe um espaço significativo para melhorar o desempenho do setor. Para tanto, é imprescindível ampliar a disponibilidade de insumos. A definição e, sobretudo, implementação de políticas para dar destinação adequada a resíduos sólidos de diferentes origens seguramente implicaria aumentar a oferta de material residual para coprocessamento. Além da aplicação mais efetiva da legislação que trata de resíduos industriais, cabe avançar também no aproveitamento de resíduos urbanos e residenciais. Em outra dimensão, é possível agilizar os processos de licenciamento do coprocessamento, capacitando os órgãos ambientais responsáveis e fazendo uso da experiência internacional. Naturalmente, isso não implique comprometer o rigor da avaliação. Já no caso do uso das biomassas em substituição aos combustíveis fósseis queimados nos fornos, uma restrição importante é a competição com usos alternativos. Nas condições brasileiras, as duas fontes mais frequentemente citadas são o bagaço de cana, queimado nas próprias usinas sucroalcooleiras para geração de calor e cogeração de eletricidade, e a casca de arroz, que, além de ser empregada no próprio beneficiamento do produto, serve como “cama de frango” nas granjas[82]. De todo modo, idiossincrasias locais podem gerar disponibilidade de outras fontes de biomassa e um levantamento regionalizado dessas alternativas seria útil para aumentar a taxa de substituição de combustíveis fósseis.

---

[82] Note-se que vários estudos têm apontado para a viabilidade de uso das cinzas da queima de bagaço de cana e da casca de arroz como substitutos parciais do clínquer no cimento. A quantidade dessas cinzas que, com base em coeficientes técnicos, pode se estimar estejam disponíveis anualmente no País não é pequena. Se o bagaço de toda a cana moída nas usinas e a casca de todo o arroz forem queimados, haveria cerca de 4 Mt de cinzas por ano a aproveitar. Mais uma vez, contudo, os custos logísticos em muitos casos podem tornar inviável seu uso em fábricas de cimento (NUNES, 2009; HOFFMANN et al., 2007).

Em relação a tecnologias inovadoras, a análise feita no tópico 4.2.3 permite avaliar que não é provável a difusão em horizonte próximo e mesmo no médio prazo de inovações disruptivas. De outra parte, essas tecnologias não têm, até onde se pode avaliar, um caráter estritamente proprietário. Em vez de dar origem a assimetrias competitivas entre os próprios fabricantes de cimento, tenderiam a seguir os passos característicos da dinâmica tecnológica setorial, difundindo-se por meio da incorporação ao catálogo dos fabricantes de equipamentos. De toda maneira, mesmo uma estratégia tecnológica centrada no monitoramento, adoção e rápida difusão de inovações desenvolvidas no exterior não dispensa o País da necessidade de constituir competências nessas áreas, já que a operação eficiente e a absorção efetiva – com adaptações a circunstâncias específicas e melhorias subsequentes – requerem competências locais.

Nas condições da indústria do cimento, uma estratégia como essa pode ser suficiente para sustentar a posição competitiva atual, mas certamente não seria capaz de enraizar no Brasil os impulsos econômicos da dinâmica inovadora em tecnologias de baixo carbono. Reproduzindo a condição do País de usuário de tecnologia essencialmente desenvolvida no exterior, pode implicar o desperdício de mais uma janela de oportunidade para avançar na hierarquia das competências inovativas.

Considerando (1) a condição crítica das tecnologias de captura e sequestro de carbono em várias indústrias importantes para o Brasil, (2) as economias de escopo que daí podem advir e (3) o estágio pré-paradigmático em que se encontra o desenvolvimento dessas tecnologias, este parece ser um campo particularmente indicado para iniciativas mais ousadas e ambiciosas. Seria preciso, todavia, agir de imediato. Uma busca no Diretório de Grupos de Pesquisa identificou apenas um grupo de pesquisa engajado no tema. Mesmo um país cuja estrutura econômica não é tão diferente da nossa, como a Austrália, já avançou bem mais nessa área. O ponto de partida de qualquer estratégia nessa área seria o lançamento de editais indutores pelas instituições de fomento à pesquisa, como o CNPq e a Finep. De modo a compensar o eventual atraso inicial, os editais poderiam ser desenhados de maneira a promover a interação com pesquisadores e instituições estrangeiras com competência nesse campo.

Por fim, a estratégia aqui esboçada – calcada na difusão das melhores tecnologias disponíveis, monitoramento e adoção de inovações emergentes e aposta num campo mais promissor – requer um ambiente institucional indutor dos investimentos das empresas em iniciativas de baixo carbono. Não faz sentido que um país em desenvolvimento como o Brasil lidere o processo de precificação das emissões, mas acompanhar com uma defasagem prudente a adoção de mecanismos que mudem a sinalização do sistema de preços pode muito bem ser um requisito para um aproveitamento mais amplo das oportunidades geradas pela transição rumo a uma economia de baixo carbono.

Referências Bibliográficas

AÏTCIN, P. C. (2000) "Cements of Yesterday and Today – Concrete of Tomorrow". *Cement and Concrete Research*, nº 30, pp. 1349-1359.

ANDRADE, M. L. A., L. M. S. CUNHA & M. C. SILVA (2002) "Desenvolvimento e Perspectivas da Indústria de Cimento". *BNDES Setorial*, nº 15, março, pp. 35-62.

BAPTISTA, C. N. (1995) "Medicina do Trabalho na Indústria de Cimento". In: *Anais do Ciclo de Conferêncais. Indústria de Cimento: Fabricação, Coprocessamento e Meio Ambiente*, Rio de Janeiro: ABCP/FEEMA, pp: 203-212.

BASILE, J., T. RESENDE & R. ROSTÁS (2012) "CADE Reprova Entrada da Votorantim na Cimpor, Ocorrida em 2010". *Valor Econômico*, 04/07/2012.

BATTELLE (2002) *Towards a Sustainable Cement Industry: An Independent Study Commissioned by the WBCSD*.

BCG (2008) *Assessment of the Impact of the 2013-2020 ETS Proposal on the European Cement Industry*. 49 p.

BNDES (1995) *Cimento*. Rio de Janeiro: BNDES.

CÁRDENAS, M., C. MEJÍA & F. GARCÍA (2007) *La Industria del Cemento en Colombia*. Documentos de Trabajo Fedesarollo, nº 33.

CEMBUREAU (2011) *Activity Report - 2010*. Bruxelas: Association Européenne du Cement.

CEMBUREAU (2007) *Activity Report - 2006*. Bruxelas: Association Européenne du Cement.

CEMBUREAU (2006) *Green Paper on Energy Effciency: A View from the European Cement Industry*. Bruxelas: Association Européenne du Cement.

CEMBUREAU (1999) *Best Available Techniques for the Cement Industry*. Bruxelas: Association Européenne du Cement.

CNI (2012) *Política Nacional sobre a Mudança do Clima: Estratégia da Indústria Brasileira*. Brasília: Confederação Nacional da Indústria, 27 p.

CUNHA, L. M. S. & C. Y. H. FERNANDEZ (2003) "A Indústria de Cimento: Perspectiva de Retomada Gradual". *BNDES Setorial*, nº 18, setembro, pp. 149-164.

DAMTOFT, J. S. *et alii* (2008) "Sustainable Development and Climate Change Initiatives". *Cement and Concrete Research*, nº 38, pp. 115-127.

DNPM (2009) *Anuário Mineral Brasileiro.* Brasília: DNPM.

ECRA (2009) *Development of State of the Art Techniques in Cement Manufacturing: Trying to Look Ahead*. Dusseldorf: European Cement Research Academy.

EPE (2011) *Balanço Energético Nacional – 2010.* Rio de Janeiro: EPE.

GAMA, M. M. & R. M. RUIZ (2006) "A Política Antitruste no Brasil: Uma Análise Econômica do CADE". *Revista do IBRAC*, nº 13, pp. 136-158.

GOMES, M. T. O *et alii* (1997) "A Indústria do Cimento". *BNDES Setorial*, nº 6, setembro, pp. 77-96.

GRUBB, M. (2012) *Strengthening the EU ETS: Creating a Stable Platform for EU Energy Sector Investment*. Cambridge, UK: Climate Strategies, 39 p.

HAGUENAUER, L. (1996) "A Indústria Brasileira do Cimento". *Estudos Econômicos da Construção*, nº 2, pp. 31-69.

HOFFMANN, R. et al. (2007) *Aproveitamento da Cinza Produzida na Combustão da Casca de Arroz: Estado da Arte*. Disponível em: <http://www.ufsm.br/cenergia/arte_final.pdf>. Acesso em: 29/12/2012.

HUMPHREYS, K. & M. MAHASENAN (2002) *Towards a Sustainable Cement Industry: Sub-Study 8 – Climate Change*. World Business Council for Sustainable Development.

IEA (2012) *Energy Technology Perspectives 2012: Pathways to a Clean Energy System*. Paris: OECD/IEA, 2nd. Edition, 686 p.

IEA (2010) *Energy Technology Perspectives 2010: Scenarios & Strategies to 2050*. Paris: OECD/IEA, 706 p.

JANS, I. & D. I. ROSENBAUM (1997) "Multimarket Contact and Pricing: Evidence from the U.S. Cement Industry". *International Journal of Industrial Organization*, n° 19, pp. 391-412.

LA COUR, L. F. & H. P. MOLLGAARD (2000) *Tests of (Abuse of) Domination: The Dannish Cement Industry*. Institut for Nationalokonomy Working Paper, n° 10-2000, Copenhagen Business School – Department of Economics.

LORETI, C. (2009) *Cement Sector Greenhouse Gas Emissions Reduction Case Studies*. Report prepared for the California Energy Comission. 34 p.

LUCCHESI, C. P. & I. RIBEIRO (2010) "Crédito em Reais Sustenta a Disputa pela Portuguesa Cimpor". Valor Econômico, 18/02/2010.

LYRA, P. T. (2010) "Cade Fixa Restrições para a Compra de Ações da Cimpor". *Valor Econômico*, 04/03/2010.

MCT (2010) *Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal*. Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas. Parte 2. Brasília: MCT, 280 p.

MDIC (2012) *Plano Setorial de Mitigação da Mudançca Climática para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Indústria de Transformação*. Brasília: MDIC, 33 p.

MILANEZ, B. (2007) "Co-incineração de Resíduos Industriais em Fornos de Cimento: Problemas e Desafios". *Anais do IX ENGEMA - Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente*. Curitiba.

MÜLLER, N & J. HARNISCH (2009) *A Blueprint for a Climate Friendly Cement Industry.* Report prepared for the WWF-Lafarge Conservation Partnership.

NEWMARK, C. M. (1998) "Price and Seller Concentration in Cement: Effective Oligopoly or Misspecified Transportation Cost?" *Economic Letters*, n° 60, pp. 243-250.

NUNES, I. H. S. (2009) *Estudo da Características Físicas e Químicas da Cinza do Bagaço de Cana-de Açúcar para Uso na Construção*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana. Maringá: UEM.

OECD (2008) *Environmental Outlook to 2030*. Paris: OECD.

PCA (2006) *Cement Industry Overview*. The Portland Cement Association.

PINHO, M. (2008) *Indústria do Cimento*. Nota técnica final do projeto "Uma Agenda de Competitividade para a Indústria Paulista". São Carlos: Fipe.

PROCHNIK, V., A. PEREZ & C. M. S. SILVA (1998) *A Globalização na Indústria do Cimento*. Relatório técnico. São Paulo, disponível em www.ie.ufrj.br/cadeiasprodutivas, acessado em 20/08/2007.

RAMÍREZ, M. (2005) *Econometric Model for Cement Demand and Supply in Bolivia*.

REHAN, R. & M. NEHDI (2005) "Carbon Dioxide Emissions and Climate Change: Policy Implications for the Cement Industry". *Environmental Science & Policy*, n° 8, pp. 105-114.

RESENDE, M. & R. M. ZEIDAN (2006) *Avaliação Quantitativa do Poder de Mercado: Uma Aplicação ao Oligopólio do Cimento*. Paper apresentado ao Prêmio SEAE.

RIBEIRO, I. (2012a) "Votorantim firma acordo de troca de ações da Cimpor". *Valor Econômico*, 26/06/2012.

RIBEIRO, I. (2012b) "Votorantim Cimentos Troca Ações na Cimpor por Ativos Industriais". *Valor Econômico*, 21/12/2012.

RIBEIRO, I. (2010) "Camargo Corrêa Monta Fábrica em Angola.*Valor Econômico*, 29/07/2010.

RIBEIRO, I. & V. S. DURÃO (2009) "Disputa e Nacionalismo Contra Steinbruch". *Valor Econômico*, 21/12/2009.

ROSENBAUM, D. I. & S. SUKHAROMANA (2001) "Oligopolistic Pricing over the Deterministic Market Demand Cycle: Some Evidence from the US Portland Cement Industry". *International Journal of Industrial Organization*, n° 19, pp. 863-884.

RYAN, S. (2005) *The Costs of Environmental Regulation in Concentrated Industry*. Boston: Center for Energy and Environmental Policy Research – MIT, July.

SALVO, A. (2004) *Inferring Conduct under the Threat of Entry: The Case of the Brazilian Cement Industry*. PhD Dissertation, London School of Economics.

SANTI, A. M. M. (2003) *Co-incineração e Co-processamento de Resíduos Industriais Perigosos em Fornos de Clínquer*. Tese de Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos. Campinas: Unicamp.

SANTI, A. M. M. & SEVÁ Fo., A. O. (2004) "Combustíveis e Riscos Ambientais na Fabricação de Cimento: casos na Região do Calcário ao Norte de Belo Horizonte e Possíveis Generalizações". II Encontro Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade – ANPPAS.

SIGNORETTI, V. T. (2008) *Controle das Emissões de NO_x, SO_x e Metais Pesados Quando se Utilizam Combustíveis Alternativos e de Alto Teor de Enxofre na Indústria de Cimento*. Tese de doutorado em Engenharia Mecânica. Itajubá: UNIFEI, 205 p.

SNIC (2011a) *Relatório Anual da Indústria do Cimento - 2010*. Rio de Janeiro: SNIC.

SNIC (2011b) *Press Kit – 2011*. Rio de Janeiro: SNIC.

SNIC (2009) *A Indústria do Cimento no Cenário das Mudanças Climáticas.* Press Kit.

TEIXEIRA, C. F., B. S. SILVA & R. M. SILVA (2003) "Integração Vertical na Indústria do Cimento: A Experiência Brasileira Recente". MATTOS, C. (Org.) *A Revolução Antitruste no Brasil: A Teoria Econômica Aplicada a Casos Concretos*. São Paulo: Singular.

THE CHINA PERSPECTIVE (2012) "Tougher Emissions Standards Aimed At China's Cement Industry", matéria publicada em 02/02/2012 e consultada em www.businessinsider.com/tougher-emissions-standards-aimed-at-chinas-cement-industry-2012-2#ixzz273ea4e1V, acesso em julho de 2012.

TORAYA, J. C. (1999) *Un Siglo de Cemento em Latinoamérica*. México, DF: IMCYC. (Capítulo introdutório disponível em www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq028/arq028_01.asp).

USGS (2011a) *Mineral Commodity Summaries.* January.

USGS (2011b) *2009 Mineral Yearbook*. July.

WBCSD (2010) *Cement Technology Roadmap 2009.* World Business Council for Sustainable Development and International Energy Agency Technology Roadmaps.

WILLS, W. (2010) *Indústria de Cimento*. Estudo # 61 do Projeto "Perpectivas dos Investimentos Sociais no Brasil". Disponível em http://www.cedeplar.ufmg.br/pesquisas/pis/Estudo%2061.pdf.

ZEIDAN, R. M. & M. RESENDE (2005) *Measuring Market Conduct in Brazilian Cement Industry: A Dynamic Econometric Investigation*. EUI Working Paper, n° 2005/13, European University Institute – Department of Economics.