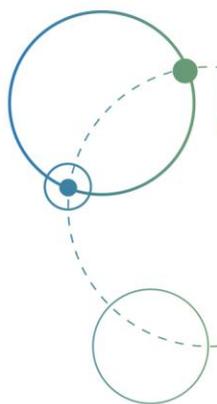




projeto
pmr | BRASIL



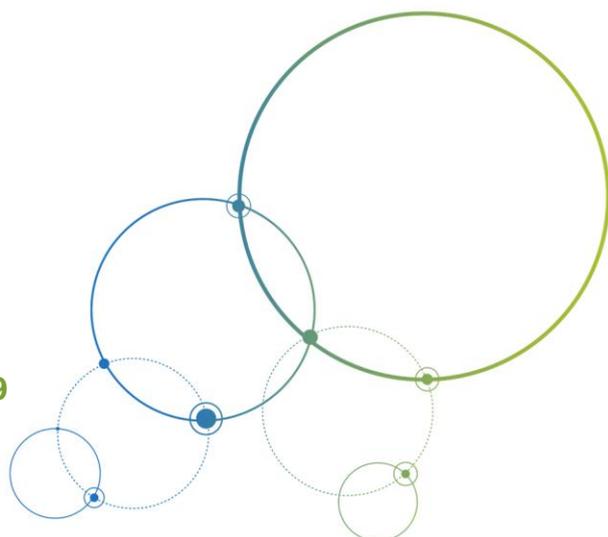
COMPONENTE 1 DA FASE DE
IMPLEMENTAÇÃO DO PMR

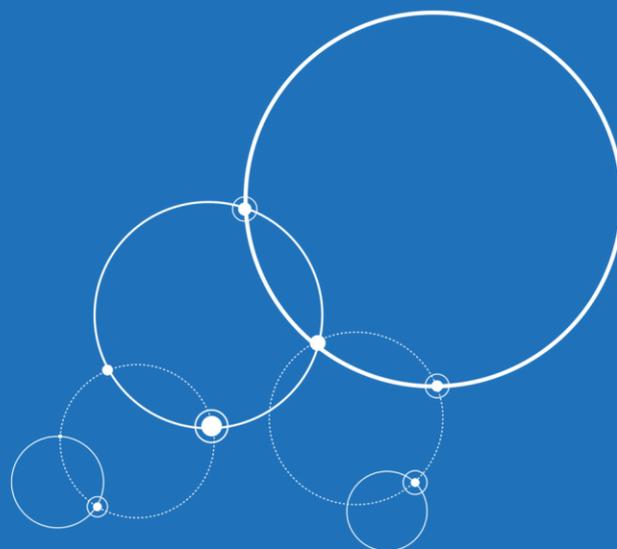
ELABORAÇÃO DE ESTUDOS SETORIAIS (ENERGIA ELÉTRICA, COMBUSTÍVEIS, INDÚSTRIA E AGROPECUÁRIA) E PROPOSIÇÃO DE OPÇÕES DE DESENHO DE INSTRUMENTOS DE PRECIFICAÇÃO DE CARBONO

PRODUTO 2

Diagnóstico de Indústria

Sumário Executivo pós consulta pública | Set/2019





**ELABORAÇÃO DE ESTUDOS SETORIAIS (ENERGIA ELÉTRICA,
COMBUSTÍVEIS, INDÚSTRIA E AGROPECUÁRIA) E
PROPOSIÇÃO DE OPÇÕES DE DESENHO DE INSTRUMENTOS
DE PRECIFICAÇÃO DE CARBONO**

COMPONENTE 1 DA FASE DE IMPLEMENTAÇÃO DO PMR

Consórcio:



: **vivideconomics**

Em acordo de subconsultoria com:



DOCUMENTO

SUMÁRIO EXECUTIVO DO PRODUTO 2 PÓS CONSULTA PÚBLICA - INDÚSTRIA

AUTORES

COORDENADOR GERAL

Sergio Margulis (WayCarbon)

COORDENADOR TÉCNICO

Alexandre Szklo (COPPE | UFRJ)

GERENTE DO PROJETO

Matheus Brito (WayCarbon)

EQUIPES DE ESPECIALISTAS

André Lucena (COPPE | UFRJ)

Roberto Schaeffer (COPPE | UFRJ)

Bruno Cunha (COPPE | UFRJ)

Fernanda Guedes (COPPE | UFRJ)

Luan Santos (COPPE | UFRJ)

Rafael Garaffa (COPPE | UFRJ)

Raphael Guimarães (COPPE | UFRJ)

Paula Borges (COPPE | UFRJ)

Fabio Bicalho (WayCarbon)

Letícia Gavioli (WayCarbon)

Pamela Silva (WayCarbon)

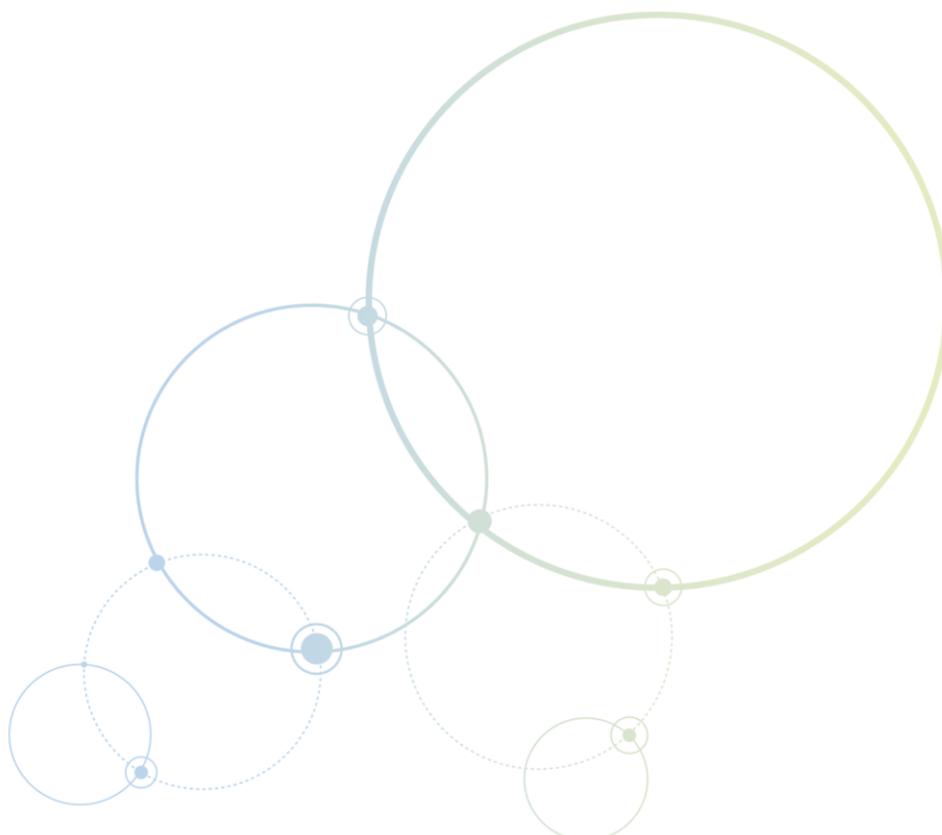
AVISO LEGAL

Os resultados, as interpretações, as recomendações, as estimativas e as conclusões expressas neste estudo são de responsabilidade dos autores, não refletindo a opinião do Banco Mundial ou do Ministério da Fazenda.

Nesse sentido, o Banco Mundial e o Ministério da Fazenda se eximem do compromisso de implementar quaisquer das recomendações contidas neste estudo.

Direitos e Permissões

O material contido na presente publicação é protegido por direitos autorais. Sua reprodução, total ou parcial, sem permissão de seus autores, poderá constituir violação à Lei 9.610/98 (Lei de Direitos Autorais). O Banco Mundial e o Ministério da Fazenda incentivam a divulgação do presente trabalho, concedendo a permissão para reprodução de suas partes, desde que citada a fonte.



CONTEXTO

O **Projeto PMR Brasil** visa subsidiar o processo de tomada de decisão acerca do papel de instrumentos de precificação de carbono nas políticas de mitigação de emissões de gases de efeito estufa (GEE), por meio do estudo e avaliação detalhada dos impactos de mecanismos de precificação de carbono sobre a economia, a sociedade e o meio ambiente.

Nesse contexto, o projeto busca responder a duas perguntas norteadoras principais: **i) é desejável ter um instrumento de precificação de carbono compondo a política climática nacional no período pós-2020? ii) em caso afirmativo, quais as principais características que o instrumento deve ter para otimizar a relação entre objetivos ambientais e desenvolvimento socioeconômico?**

Associadas a essas perguntas gerais, diversas perguntas específicas se colocam, abordando aspectos distributivos, de aceitação política, entre outros. Também é de interesse do projeto que cada uma dessas questões seja adequadamente tratada.

Para responder tais questionamentos, Projeto PMR Brasil está dividido em quatro componentes complementares. Um componente de estudos setoriais (Componente 1), que tem por objetivo estabelecer um panorama geral da realidade da estrutura econômica e tecnológica dos setores brasileiros, bem como das políticas setoriais e dos instrumentos utilizados para implementá-las, visando avaliar de que forma instrumentos baseados na precificação de emissões poderiam interagir com essas realidades. Se por um lado tal interação pode ser de complementaridade e sinergia entre políticas, por outro, sua combinação também pode ser contraproducente no sentido de prejudicar o funcionamento tanto do(s) instrumento(s) de precificação de emissões quanto dos instrumentos adotados no campo das políticas setoriais. Sendo assim, estabelecer uma melhor visão dos objetivos das políticas setoriais, bem como das interações potenciais entre instrumentos de precificação de emissões e instrumentos já existentes (tributários, creditícios, regulatórios, fomento à pesquisa e inovação, etc.) é requisito fundamental para o desenvolvimento de uma combinação de políticas que seja complementar e efetiva. Com base nestes estudos, o Componente 1 proporrá pacotes de instrumentos de precificação de emissões e possíveis ajustes de instrumentos de políticas setoriais existentes que maximizem a eficiência da implementação dos objetivos da PNMC pós-2020. Os pacotes de instrumentos propostos serão avaliados quanto aos seus impactos socioeconômicos no Componente 2 do projeto. Tal componente está dividido em dois subcomponentes, o Componente 2A – de modelagem econômica para a estimação de impactos da implementação dos referidos pacotes de instrumentos de política – e o Componente 2B – que realizará uma análise do impacto regulatório da adoção dos mesmos pacotes. O componente setorial fornecerá insumos e receberá feedbacks dos componentes de estimação de impactos, sendo a interação entre os componentes essencial ao projeto. O projeto conta, ainda, com um terceiro componente de comunicação e engajamento de *stakeholders*. O esquema abaixo retrata as interações entre os componentes do projeto.

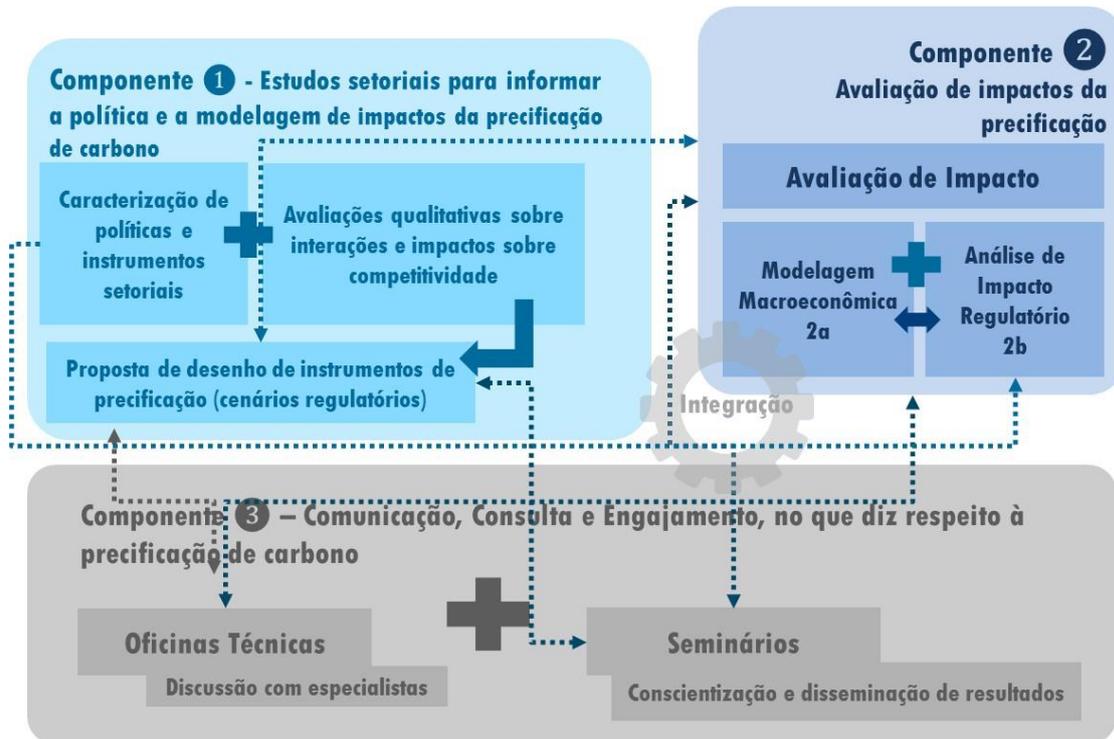


Figura 1: Estrutura do Projeto PMR Brasil

O presente processo de consulta diz respeito aos Produtos 1 e 2 do Componente 1 do Projeto PMR Brasil. Tais produtos estão divididos em quatro relatórios e trazem um diagnóstico setorial para quatro macrosetores da economia brasileira: energia elétrica, combustíveis, agropecuária¹ e indústria². O diagnóstico setorial busca trazer: (i) uma análise da estrutura econômica de cada setor, focando em itens como a formação de preços, a estrutura de mercado e a concentração de cada setor; (ii) perfil de emissões e opções de mitigação de emissões de GEE em cada setor; (iii) um mapeamento das políticas setoriais vigentes em cada setor; e (iv) a identificação e descrição de instrumentos de política setoriais existentes.

Posteriormente serão postos em consulta os Produtos 3, 4 e 5 do Componente 1. Os produtos 3 e 4 trarão recomendações setoriais acerca do desenho e adoção de instrumentos de precificação de carbono e ajustes em políticas setoriais vigentes, além de uma análise da experiência internacional com a adoção de instrumentos de precificação de carbono. Já o Produto 5 trará recomendações transversais acerca de pacotes de instrumentos de política climática voltados ao cumprimento da NDC brasileira de maneira custo-efetiva.

¹ Agricultura, Pecuária Bovina (Leiteira e de Corte) e Insumos (Fertilizantes e Insumos Veterinários).

² Química, Alumínio, Papel e Celulose, Ferro e Aço e Cimento, Cal e Vidro.

Também serão postos em consulta, em momento futuro, documentos relacionados aos Componentes 2A e 2B do Projeto PMR Brasil.

SUMÁRIO

CONTEXTO	IV
SUMÁRIO	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE QUADROS	X
LISTA DE TABELAS	X
1 INTRODUÇÃO	11
2 CARACTERIZAÇÃO ECONÔMICA DOS SETORES INDUSTRIAIS	12
2.1 TAMANHO DO SETOR	12
2.2 PODER DE MERCADO	14
2.3 ENCADEAMENTOS INTERSETORIAIS	17
2.4 DISTRIBUIÇÃO DAS VENDAS	20
2.4.1 <i>Papel e Celulose</i>	20
2.4.2 <i>Química</i>	21
2.4.3 <i>Cimento, Cal e Vidro</i>	22
2.4.4 <i>Ferro e Aço</i>	23
2.4.5 <i>Alumínio</i>	24
2.5 VULNERABILIDADE EXTERNA	24
2.6 FORMAÇÃO DE PREÇOS	26
2.6.1 <i>Papel e celulose</i>	27
2.6.2 <i>Química</i>	28
2.6.3 <i>Cimento, Cal e Vidro</i>	30
2.6.4 <i>Ferro e Aço</i>	31
2.6.5 <i>Alumínio</i>	33
3 CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA E PERFIL DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA	34
3.1 PAPEL E CELULOSE	36
3.2 QUÍMICA	37

3.3	CIMENTO, CAL E VIDRO	38
3.4	ALUMÍNIO.....	42
3.5	FERRO E AÇO.....	44
4	MAPEAMENTO DE POLÍTICAS E INSTRUMENTOS SETORIAIS	45
4.1	POLÍTICA DE ESTÍMULOS SETORIAIS	45
4.2	POLÍTICA DE USO RACIONAL DE RECURSOS	46
4.3	POLÍTICA TRIBUTÁRIA	47
4.4	POLÍTICAS PARA O CLIMA	48
4.5	POLÍTICA AMBIENTAL COM ÊNFASE EM CONTROLE DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS	50
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
6	REFERÊNCIAS.....	52
	APÊNDICE A - ANEXO METODOLÓGICO PARA INDICADORES DE CARACTERIZAÇÃO SETORIAL.....	55
A. 1	PODER DE MERCADO	55
A. 2	IMPACTOS EM OUTROS SETORES/CONEXÕES INTERSETORIAIS.....	55
A. 3	DISTRIBUIÇÃO DAS VENDAS.....	58
A. 4	EXPOSIÇÃO AO COMÉRCIO EXTERIOR.....	58
	APÊNDICE B – METODOLOGIA PARA O ESTABELECIMENTO DO PERFIL DE EMISSÕES E DAS MELHORES TECNOLOGIAS DE ABATIMENTO DISPONÍVEIS	59
	APÊNDICE C – OPÇÕES DE ABATIMENTO.....	60
	APÊNDICE D - METODOLOGIA PARA O MAPEAMENTO DAS POLÍTICAS SETORIAIS EXISTENTES E IDENTIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO DE INSTRUMENTOS.....	66
	<i>Mapeamento das Políticas Setoriais Existentes</i>	<i>66</i>
	<i>Identificação e Descrição de Instrumentos.....</i>	<i>66</i>

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: ESTRUTURA DO PROJETO PMR BRASIL	V
FIGURA 2: PARTICIPAÇÃO DO VBP DOS SUBSETORES SELECIONADOS DO ESTUDO NO VBP DA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO, 2010	13

FIGURA 3: PARTICIPAÇÃO DO VA DOS SETORES SELECIONADOS DO ESTUDO NA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO, 2010	13
FIGURA 4: PARTICIPAÇÃO DO NÚMERO DE PESSOAS OCUPADAS DOS SUBSETORES SELECIONADOS DO ESTUDO NA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO, 2014	14
FIGURA 5: COEFICIENTE DIRETO DO EOB PARA AS ATIVIDADES DOS SETORES SELECIONADOS DO ESTUDO, 2010	15
FIGURA 6: ÍNDICES DE RAZÃO DE CONCENTRAÇÃO* PARA OS SUBSETORES DO ESTUDO, 2014.....	16
FIGURA 7: ÍNDICES DE LIGAÇÃO RASMUSSEN-HIRSCHMAN PARA OS SUBSETORES SELECIONADOS DO ESTUDO, 2010.....	18
FIGURA 8: MULTIPLICADORES DE RENDA E DE PRODUÇÃO PARA OS SUBSETORES SELECIONADOS DO ESTUDO, 2010.....	19
FIGURA 9: MULTIPLICADORES DE EMPREGO E TRIBUTÁRIOS PARA OS SETORES SELECIONADOS DO ESTUDO, 2010.....	20
FIGURA 10: DISTRIBUIÇÃO DAS VENDAS (EM %), PAPEL E CELULOSE (PRODUTOS, CLASSIFICAÇÃO SCN), BRASIL - 2010	21
FIGURA 11: DISTRIBUIÇÃO DAS VENDAS (EM %), QUÍMICA (PRODUTOS, CLASSIFICAÇÃO SCN), BRASIL - 2010	22
FIGURA 12: DISTRIBUIÇÃO DAS VENDAS (EM %), CIMENTO, CAL E VIDRO (PRODUTOS, CLASSIFICAÇÃO SCN), BRASIL - 2010	23
FIGURA 13: DISTRIBUIÇÃO DAS VENDAS (EM %), FERRO E AÇO (PRODUTOS, CLASSIFICAÇÃO SCN), BRASIL - 2010.....	23
FIGURA 14: DISTRIBUIÇÃO DAS VENDAS (EM %), ALUMÍNIO (PRODUTOS, CLASSIFICAÇÃO SCN), BRASIL - 2010.....	24
FIGURA 15: PARTICIPAÇÃO DAS EXPORTAÇÕES NA PRODUÇÃO DAS ATIVIDADES DOS SETORES SELECIONADOS DO ESTUDO, 2010	25
FIGURA 16: COEFICIENTE DE PENETRAÇÃO DAS IMPORTAÇÕES DAS ATIVIDADES DOS SUBSETORES SELECIONADOS DO ESTUDO (PRODUTOS, CLASSIFICAÇÃO SCN), 2010	26
FIGURA 17: CUSTOS DE PRODUÇÃO DE CELULOSE DE FIBRA NO BRASIL E NO MUNDO	27
FIGURA 18: SPREAD DE RESINAS PETROQUÍMICAS (US\$/t)	29
FIGURA 19: UTILIZAÇÃO DA CAPACIDADE DA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA BRASILEIRA	32
FIGURA 20: PRODUÇÃO DE ALUMÍNIO PRIMÁRIO NO BRASIL (2004-2016).....	33
FIGURA 21: PERFIL DE EMISSÕES DOS SUBSETORES ANALISADOS, 2010	36
FIGURA 22: DESAGREGAÇÃO DAS EMISSÕES DE ENERGIA E PROCESSOS DA INDÚSTRIA, 2010	36
FIGURA 23: EMISSÕES DE GEE DO SUBSETOR QUÍMICO	38
FIGURA 24: EMISSÕES DE GEES DO SUBSETOR DE CIMENTO.....	39
FIGURA 25: EMISSÕES DE GEES DO SUBSETOR DE CAL	40
FIGURA 26: EMISSÕES DE GEE DO SUBSETOR DE VIDRO.....	41
FIGURA 27: EMISSÕES DE GEE DO SETOR DE ALUMÍNIO (GgCO ₂ Eq)	43
FIGURA 28: EMISSÕES DE GEES DO SUBSETOR DE FERRO E AÇO.....	44

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: INSTRUMENTOS DA POLÍTICA DE ESTÍMULOS SETORIAIS.....	46
QUADRO 2: INSTRUMENTOS DA POLÍTICA DE USO RACIONAL DE RECURSOS.....	47
QUADRO 3: INSTRUMENTOS DA POLÍTICA TRIBUTÁRIA.....	48
QUADRO 4: INSTRUMENTOS DAS POLÍTICAS PARA O CLIMA	49

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: PERFIL DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DOS SUBSETORES INDUSTRIAIS ANALISADOS (ANO 2010).....	35
--	----

1 INTRODUÇÃO

Este Sumário Executivo é parte do Produto 2 do contrato intitulado “Elaboração de Estudos Setoriais (Energia Elétrica, Combustíveis, Indústria e Agropecuária) e Proposição de Opções de Desenho de Instrumentos de Precificação de Carbono”, firmado pelo Ministério da Fazenda com suporte do Banco Mundial, como parte do Componente 1 da fase de implementação da Parceria para Preparação de Instrumentos de Mercado (*Partnership for Market Readiness - PMR*) no Brasil. O objeto da análise deste Sumário Executivo é o setor de Indústria. Os seguintes subsetores do setor industrial são considerados devido à relevância de suas emissões: Papel e Celulose, Química, Cimento, Cal, Vidro, Ferro e Aço e Alumínio.

O Produto 2 consistiu em três atividades que se refletem nos capítulos deste sumário: (1) uma caracterização econômica dos segmentos selecionados da indústria brasileira; (2) uma descrição quantitativa e qualitativa das emissões de gases de efeito estufa e das melhores tecnologias de controle disponíveis para os subsetores industriais e (3) um mapeamento geral de políticas e seus instrumentos existentes em cada setor/subsetor. Por último, são apresentadas as considerações finais que apresenta uma conclusão e as próximas etapas do projeto.

2 CARACTERIZAÇÃO ECONÔMICA DOS SETORES INDUSTRIAIS³

Conforme apresentado no capítulo introdutório, neste estudo foram levantadas informações referentes a sete subsetores industriais brasileiros (Alumínio, Cal, Cimento, Ferro-Gusa e Aço, Papel e Celulose, Química e Vidro). A análise comparativa realizada neste capítulo tem como referência a importância desses subsetores em relação à indústria de transformação brasileira.

Este capítulo concentra-se, inicialmente, na apresentação de indicadores relacionados ao tamanho dos subsetores⁴ (seção 2.1): Valor Bruto da Produção (VPB), Valor Adicionado (VA), e Participação do número de pessoas ocupadas dos subsetores na indústria de transformação. Em seguida, na seção 2.2, são apresentados indicadores de poder mercado: *proxy* da margem de lucro e Índices de Razão de Concentração (CR). A seção 2.3 trata dos indicadores de encadeamento intersetoriais: Índices de Ligação de Rasmussen-Hirschman e Multiplicadores (renda, produção, emprego e tributários). A seção 2.4 aborda a distribuição das vendas dos produtos de cada subsetor. A seção 2.5 apresenta aspectos da vulnerabilidade externa através do Coeficiente de Exportação e da Penetração das Importações. Finalmente, na última seção (2.6) são analisados aspectos referentes à formação de preços dos subsetores. Os indicadores apresentados neste capítulo foram calculados a partir dos dados da Matriz Insumo-Produto de 2010 (IBGE, 2015) e da Relação Anual de Informações Sociais – RAIS, fornecidas oficialmente pelo IBGE (2014) e pelo Ministério do Trabalho.

2.1 TAMANHO DO SETOR

Quanto ao tamanho dos subsetores, a Figura 2 mostra que no ano de 2010, o subsetor *Química* apresentou a maior participação (10,2%) em relação ao VBP total da indústria de transformação, seguido de Ferro e Aço (7,4%) e Cimento, Cal e Vidro (4%). Esses três subsetores responderam por cerca de 20% do VBP da indústria de transformação, totalizando R\$ 430 bilhões.

³ A metodologia de obtenção dos indicadores está descrita no Apêndice A.

⁴ Devido ao nível de agregação dos dados disponíveis, cimento, cal e vidro são tratados de forma conjunta. Porém, quando o nível de desagregação dos dados permite, os subsetores são apresentados por segmentos que os compõem.

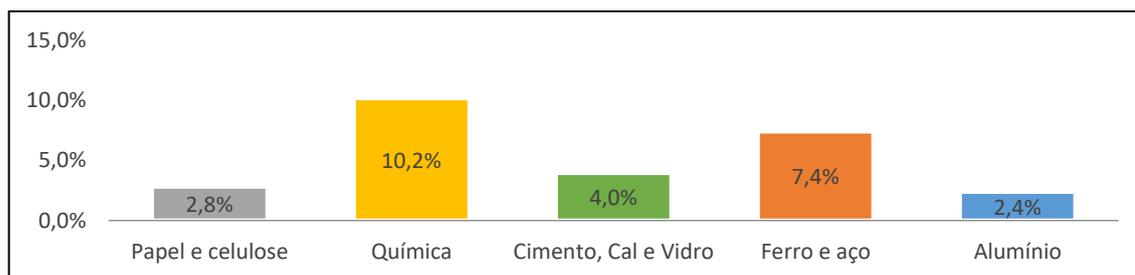


Figura 2: Participação do VBP dos subsetores selecionados do estudo no VBP da indústria de transformação, 2010

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2015).

A Figura 3 mostra a participação do VA dos subsetores selecionados em relação ao VA total da indústria de transformação. Nesse caso, destaca-se o setor Ferro e Aço com 10,8%, seguido do subsetor Química (10,1%) que, juntos, responderam por cerca de 20% do VA da indústria de transformação, totalizando cerca de R\$ 100 bilhões em 2010. A produção do subsetor Ferro e Aço, portanto, agregou maior valor aos produtos finais da indústria de transformação, por meio de fatores de produção e matérias-primas, do que os demais subsetores industriais.

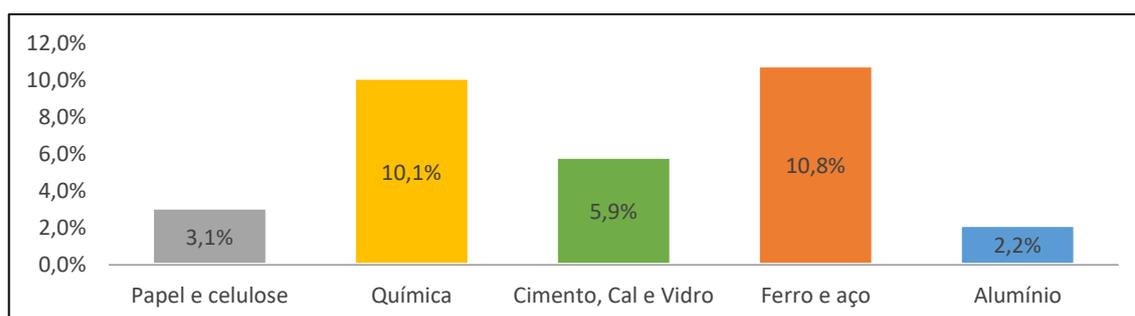


Figura 3: Participação do VA dos setores selecionados do estudo na indústria de transformação, 2010

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2015).

No que tange ao número de pessoas ocupadas, o subsetor *Química* representou cerca de 38% do total de ocupações nos setores selecionados, totalizando cerca de 450 mil pessoas ocupadas. Destacam-se também os subsetores Ferro e Aço (23%) e Papel e Celulose (17%). Em relação ao total de pessoas ocupadas na indústria de transformação, conforme apresentado na Figura 4, o emprego de pessoas no subsetor Química representou cerca de 5,1%, seguido de 3,0% para Ferro e Aço e 2,3% para Papel e Celulose. Esses três subsetores juntos responderam por cerca de 10% do total de empregos na indústria de transformação, totalizando cerca de 1 milhão de pessoas em 2014.

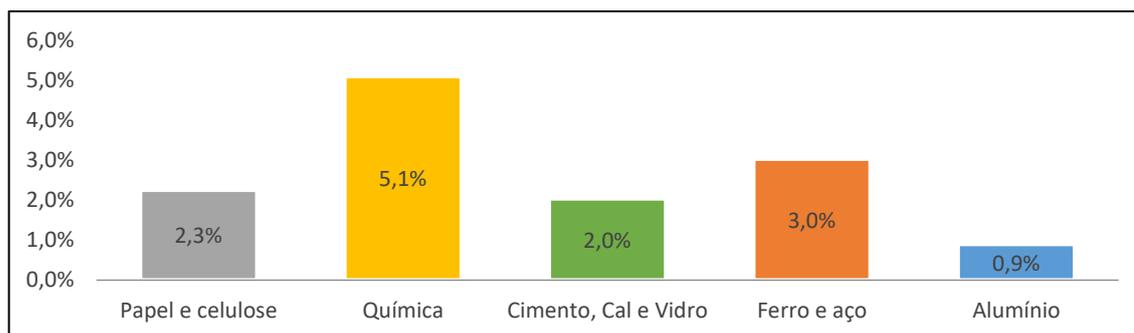


Figura 4: Participação do número de pessoas ocupadas dos subsetores selecionados do estudo na indústria de transformação, 2014

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2014).

2.2 PODER DE MERCADO

Um indicador usual acerca do poder de mercado de um setor é a sua margem de lucro. Neste sentido, o Excedente Operacional Bruto (EOB)⁵ gerado a cada unidade monetária produzida dos produtos das atividades de cada subsetor podem ser entendidos como uma *proxy* para a margem de lucro. A Figura 5⁶ mostra que *Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração* (Ferro e Aço 1) foi a atividade que apresentou a maior margem dentre os setores selecionados, alcançando cerca de 57%. Destacam-se também *Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos* (Química 4) e *Extração de carvão mineral e de minerais não-metálicos* (Cimento, Cal e Vidro 1), com 32% e 24%, respectivamente. As atividades com menores indicadores pertencem aos setores Química, Alumínio e Ferro e Aço: *Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos* (6%), *Metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais* (6%), *Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros* e *Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura* (8%).

⁵ O saldo do valor adicionado deduzido das remunerações pagas aos empregados, dos rendimentos dos autônomos e dos impostos líquidos de subsídios. É uma medida do excedente gerado pela produção antes da dedução de quaisquer encargos na forma de juros, rendas ou outros rendimentos de propriedade a pagar sobre ativos financeiros, terrenos ou outros ativos tangíveis.

⁶ Com o intuito de mostrar os indicadores em um nível maior de desagregação de modo a captar a heterogeneidade intra subsetores, este e, quando possível, outros indicadores à frente utilizam a seguinte classificação de atividades: Fabricação de celulose, papel e produtos de papel (Papel e Celulose); Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros (Química 1); Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos (Química 2); Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal (Química 3); Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos (Química 4); Extração de carvão mineral e de minerais não metálicos (Cimento, Cal e Vidro 1); Fabricação de produtos de minerais não-metálicos (Cimento, Cal e Vidro 2); Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração (Ferro e Aço 1); Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura (Ferro e Aço 2); Extração de minerais metálicos não-ferrosos, inclusive beneficiamentos (Alumínio 1); Metalurgia de metais não-ferrosos e fundição de metais (Alumínio 2).

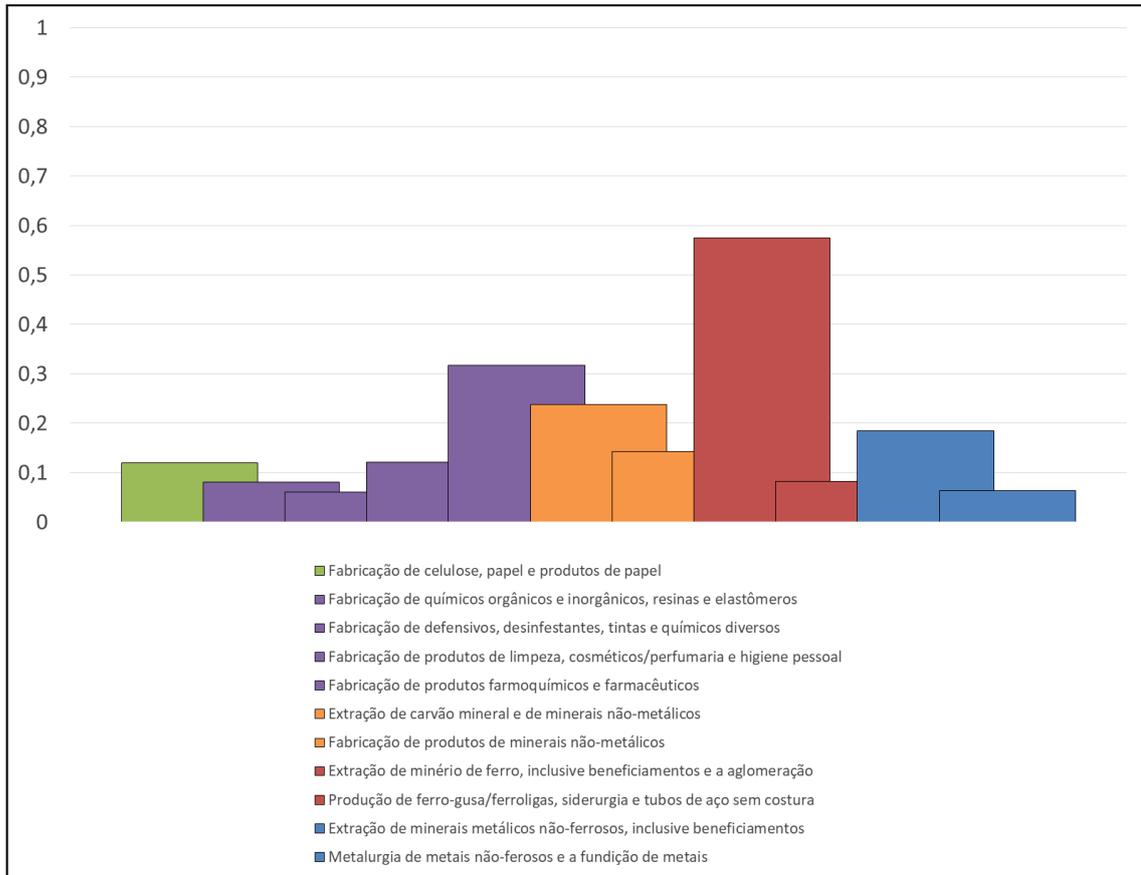


Figura 5: Coeficiente direto do EOB para as atividades dos setores selecionados do estudo, 2010

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2015).

O próximo indicador de poder de mercado se dá em termos dos Índices de Razão de Concentração⁷ (CR) dos subsetores. O IBGE é, responsável por estimar os CRs a partir do pessoal ocupado total das maiores empresas⁸. Os resultados obtidos para os subsetores do estudo e a média da indústria são apresentados na Figura 6.

⁷ O CR é utilizado para determinar a participação de grandes empresas no mercado. Seu resultado deve variar entre 0 (zero) e 100 (cem), onde “0” representa uma situação de concorrência perfeita e “100” indica uma condição de concentração intensa.

⁸ Vale ressaltar que em termos de capacidade instalada o índice CR tende a ser superior ao estimado via pessoal ocupado, tendo em vista a convivência de grandes e microempresas.

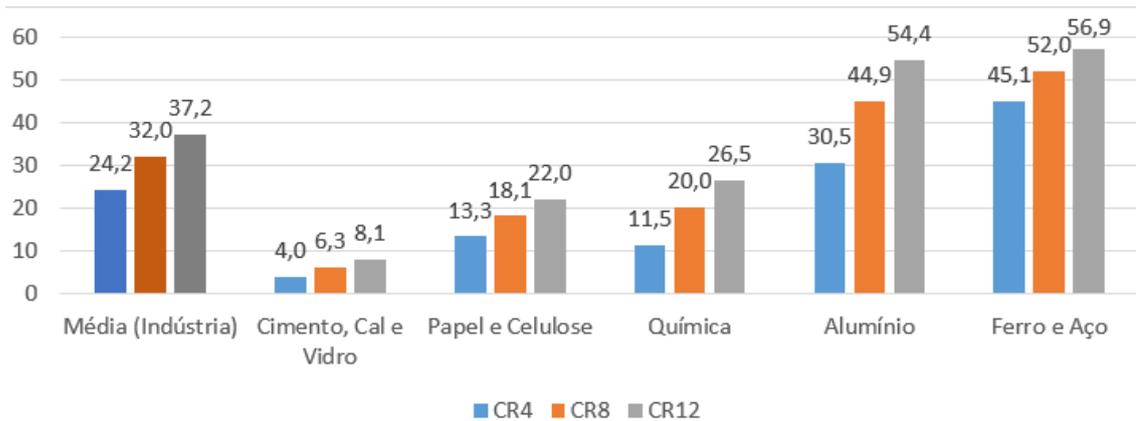


Figura 6: Índices de Razão de Concentração* para os subsectores do estudo, 2014.

Fonte: IBGE (2014).

* índices de concentração econômica estimados a partir do pessoal ocupado total das maiores empresas. A média da indústria inclui apenas os setores selecionados neste estudo.

É possível perceber que os CRs correspondentes a *Papel e Celulose* são inferiores às médias dos outros subsectores industriais selecionados do estudo. No entanto, uma análise mais detalhada das empresas dentro de cada produto do setor sugere maiores graus de concentração. *Celulose e outras pastas para a fabricação de papel*, por exemplo, que teve um total de 55 empresas e apresentou os maiores índices CR dentre as atividades dos subsectores selecionados do estudo, chegou a 97,4 (CR12). Uma situação semelhante ocorre com o subsector *Química*, que apresenta índices CRs inferiores às médias; entretanto, alguns produtos como *Defensivos agrícolas e desinfestantes*, apresentam índices de até 84,8 (CR12). Já os índices do subsector *Ferro e Aço* são superiores às médias outros selecionados do estudo e uma análise mais detalhada das empresas para cada produto do subsector permite observar graus ainda maiores de concentração. Um exemplo é a *Extração de minério de ferro*, que apresentou um total de 200 empresas, em 2014, e apresentou índices CR chegando a 93,8 (CR12). De forma semelhante, os índices CR do subsector *Alumínio* são superiores às médias dos selecionados do estudo. Estes índices de concentração são esperados para setores que operam com recursos naturais e larga escala de produção.

2.3 ENCADEAMENTOS INTERSETORIAIS

Acerca dos indicadores de encadeamentos intersetoriais, mais especificamente dos índices de ligação Rasmussen-Hirschman (RH)⁹, é possível ver, na Figura 7, que *Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros* (Química 1), *Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura* (Ferro Aço 2), *Fabricação de celulose, papel e produtos de papel* (Papel e Celulose) e *Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos* (Química 2) apresentaram índices de ligação para frente e para trás superiores à unidade, caracterizando-se como atividades-chave da economia.

Por sua vez, *Extração de carvão mineral e de minerais não-metálicos* (Cimento, Cal e Vidro 1), *Fabricação de produtos de minerais não-metálicos* (Cimento, Cal e Vidro 2), *Extração de minerais metálicos não-ferrosos, inclusive beneficiamentos* (Alumínio 1), *Metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais* (Alumínio 2) e *Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal* (Química 3), apresentam índices de ligação para trás superiores à unidade e índices de ligação para frente inferiores à unidade, o que os caracteriza como relativamente mais importantes como demandantes da oferta intersetorial do que como ofertantes de insumos intermediários. Já as atividades *Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração* (Ferro e Aço 1) e *Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos* (Química 4) apresentam índices de ligação para frente e para trás inferiores a unidade.

⁹ De acordo com o critério de MCGILVRAY (1977), se os setores apresentarem índices de ligação para frente (que expressam o quanto um setor é demandado pelos outros), e/ou para trás (que mostram o quanto um setor demanda dos outros) maiores do que 1 podem ser classificados no conceito restrito como setores-chave. Este é o caso da maioria dos segmentos industriais do Brasil, os quais demonstram alto poder de encadeamento com atividades tanto a jusante, as quais demandam matérias-primas para a elaboração de produtos com maior valor adicionado, quanto a montante da economia.

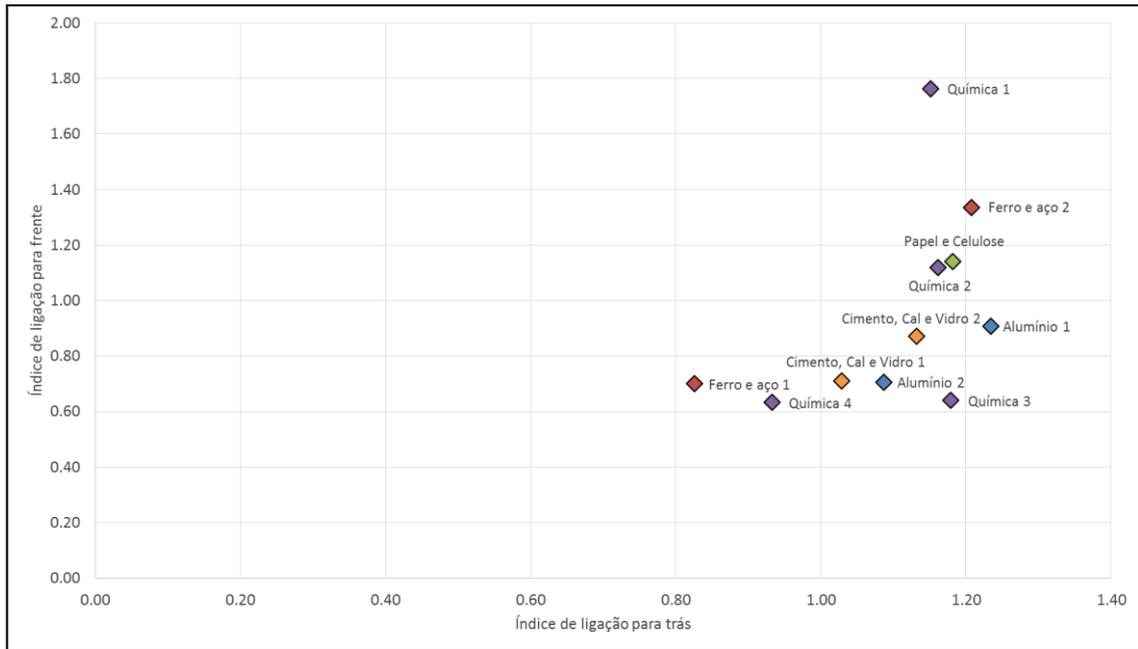


Figura 7: Índices de ligação Rasmussen-Hirschman para os subsectores selecionados do estudo, 2010

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2015).

A análise da estrutura econômico-produtiva dos subsectores industriais nacionais também foi realizada através da obtenção de multiplicadores de tipo II setoriais: de renda, de produção, de emprego e tributário. A Figura 8 mostra os multiplicadores de renda e de produção dos subsectores selecionados do estudo e suas atividades relacionadas. Em 2010, o multiplicador de renda médio da economia foi de 3,94, de modo que *Fabricação de celulose, papel e produtos de papel* (Papel e Celulose), *Fabricação de produtos químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros* (Química 1), *Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos* (Química 2), *Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal* (Química 3), *Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração* (Ferro e Aço 1), *Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura* (Ferro Aço 2), *Extração de minerais metálicos não-ferrosos, inclusive beneficiamentos* (Alumínio 1) e *Metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais* (Alumínio 2) apresentaram multiplicadores de renda superiores à média. Destacam-se Química 1, Ferro e aço 2 e Alumínio 2 como as atividades que mais geram remunerações em toda a economia, considerando efeitos diretos, indiretos e induzidos para cada aumento de R\$ 1,00 nas remunerações daquelas atividades. As atividades *Fabricação de produtos farmacêuticos e fitofármacos* (Química 4), *Extração de carvão mineral e de minerais não-metálicos* (Cimento, Cal e Vidro 1) e *Fabricação de produtos de minerais não-metálicos* (Cimento, Cal e Vidro 2) apresentam multiplicadores de renda abaixo da média nacional.

Em termos de produção, o multiplicador de produção médio da economia foi de 4,39 em 2010. *Fabricação de celulose, papel e produtos de papel* (Papel e Celulose), *Fabricação de produtos de*

limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal (Química 3), Fabricação de produtos de minerais não-metálicos (Cimento, Cal e Vidro 2) e Metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais (Alumínio 2) apresentaram multiplicadores acima da média. Destacam-se Metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais (Alumínio 2) e Fabricação de produtos de minerais não-metálicos (Cimento, Cal e Vidro 2) que, para cada aumento na demanda final de R\$ 1,00, é necessária uma produção total da economia de R\$ 4,48 e R\$ 4,57, respectivamente.

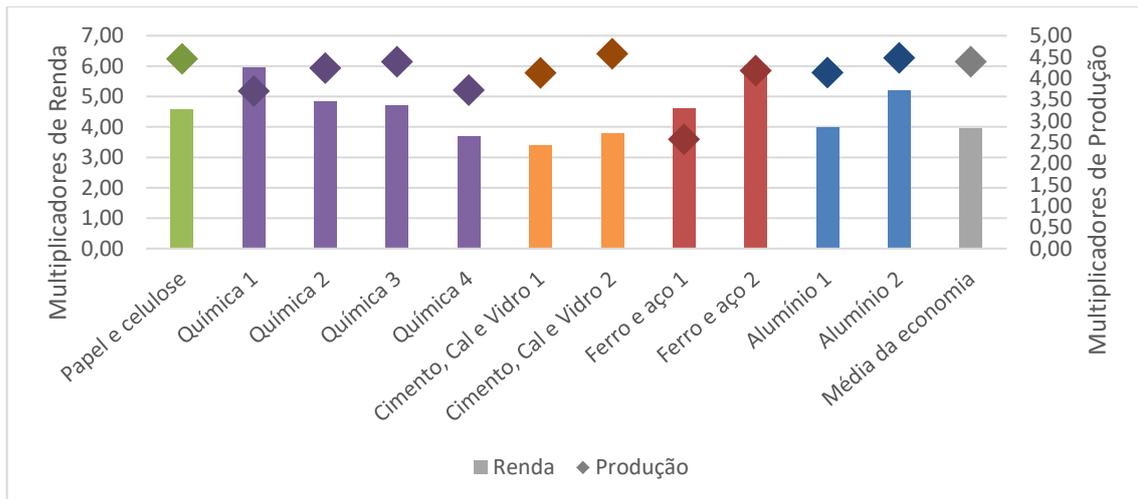


Figura 8: Multiplicadores de renda e de produção para os subsetores selecionados do estudo, 2010

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2015).

A Figura 9 mostra os multiplicadores de emprego e tributários dos subsetores selecionados do estudo. Em 2010, o multiplicador de emprego médio da economia foi de 11,28, de modo que *Fabricação de celulose, papel e produtos de papel (Papel e Celulose), Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros (Química 1), Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos (Química 2), Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos (Química 4), Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração (Ferro e Aço 1), Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura (Ferro Aço 2) e Metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais (Alumínio 2) apresentaram multiplicadores de emprego superiores à média. Destacam-se Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros (Química 1), Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração (Ferro e Aço 1) e Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura (Ferro Aço 2), as quais, para cada aumento de 1 emprego nas atividades, seriam gerados cerca de 27, 27 e 23 novos empregos em toda a economia, respectivamente.*

Em termos de tributos, destacam-se *Produção de ferro-gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura (Ferro Aço 2) e Metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais (Alumínio 2), além de Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos (Química 2), as quais, para cada*

aumento de R\$ 1,00 nos tributos das atividades, seriam gerados cerca de R\$ 4,00 de receitas de tributos, em toda a economia.

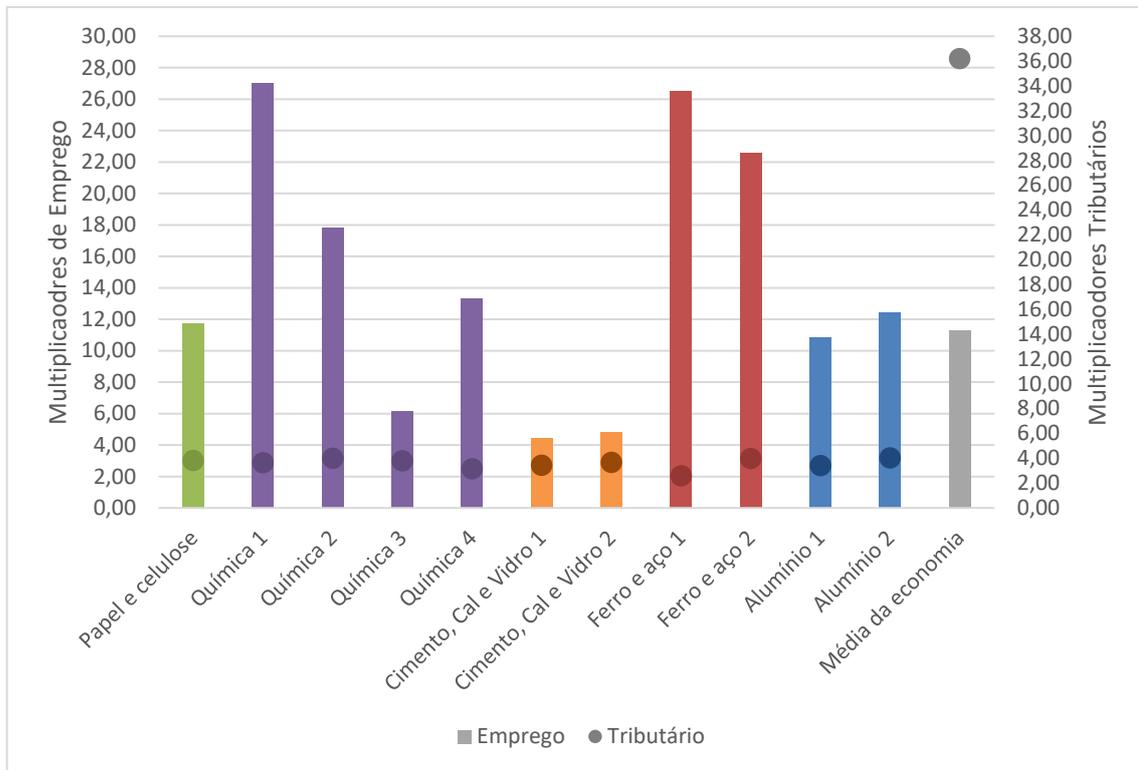


Figura 9: Multiplicadores de emprego e tributários para os setores selecionados do estado, 2010

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2015).

2.4 DISTRIBUIÇÃO DAS VENDAS

Esta seção apresenta a distribuição das vendas¹⁰ de cada um dos subsetores industriais do estudo.

2.4.1 PAPEL E CELULOSE

Para o subsetor *Papel e Celulose* observa-se que a maior parte dos produtos serve de matéria-prima para outros segmentos e setores (consumo intermediário), como também é destinado ao exterior. Em 2010, a *Celulose* teve cerca de 65% de sua produção destinada ao exterior, 39% para o consumo intermediário e -4% para variação de estoque (Figura 10). Por sua vez, *Papel, papelão, embalagens* e

¹⁰ O destino das vendas dos produtos relacionados aos setores industriais do estudo é apresentado em termos dos componentes da demanda total.

artefatos de papel tiveram sua produção destinada cerca de 79% aos outros segmentos e setores, cerca de 16% para o consumo das famílias e apenas 6% ao exterior.

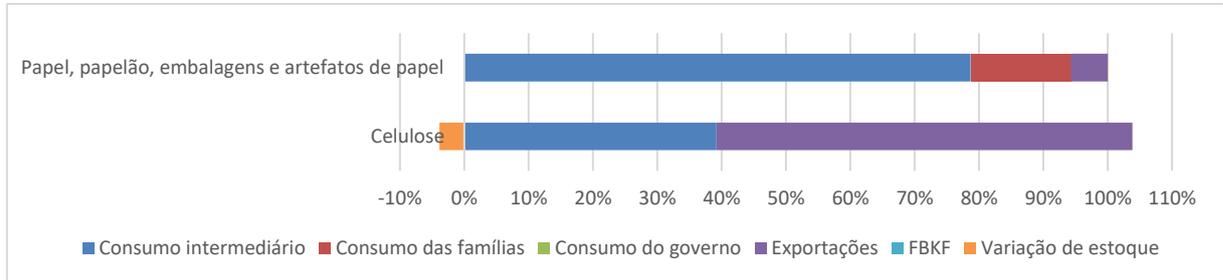


Figura 10: Distribuição das vendas (em %), Papel e Celulose (produtos, classificação SCN¹¹), Brasil - 2010

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2015).

2.4.2 QUÍMICA

Inicialmente é preciso destacar que a indústria química inclui inúmeros produtos inseridos em diferentes categorias. Sendo assim, existem diversas propostas de segmentação desse subsetor. A seguir, para a análise da distribuição das vendas do setor, a desagregação é feita em termos de destino dos produtos da indústria química.

Observa-se que a maior parte da produção do subsetor *Química* serve de matéria-prima para outros segmentos e setores (consumo intermediário). Em 2010, conforme Figura 11, cerca de 65% dos *Produtos farmacêuticos* produzidos foram destinados ao consumo das famílias, 26% ao consumo intermediário, 8% ao governo, 2% ao exterior e -1% corresponde à variação de estoque. Por sua vez, os *Produtos químicos orgânicos* e *Produtos químicos inorgânicos* foram destinados, em sua maioria, ao consumo intermediário (84% e 94%, respectivamente), mas também têm sua produção destinada ao mercado externo (12% e 3%, respectivamente). Além disso, destacam-se os produtos *Perfumaria*, *sabões* e *artigos de limpeza*, que tiveram 79% da sua produção destinada ao consumo das famílias, 18% aos demais segmentos e setores e 3% ao exterior.

¹¹ Sistema de Contas Nacionais.

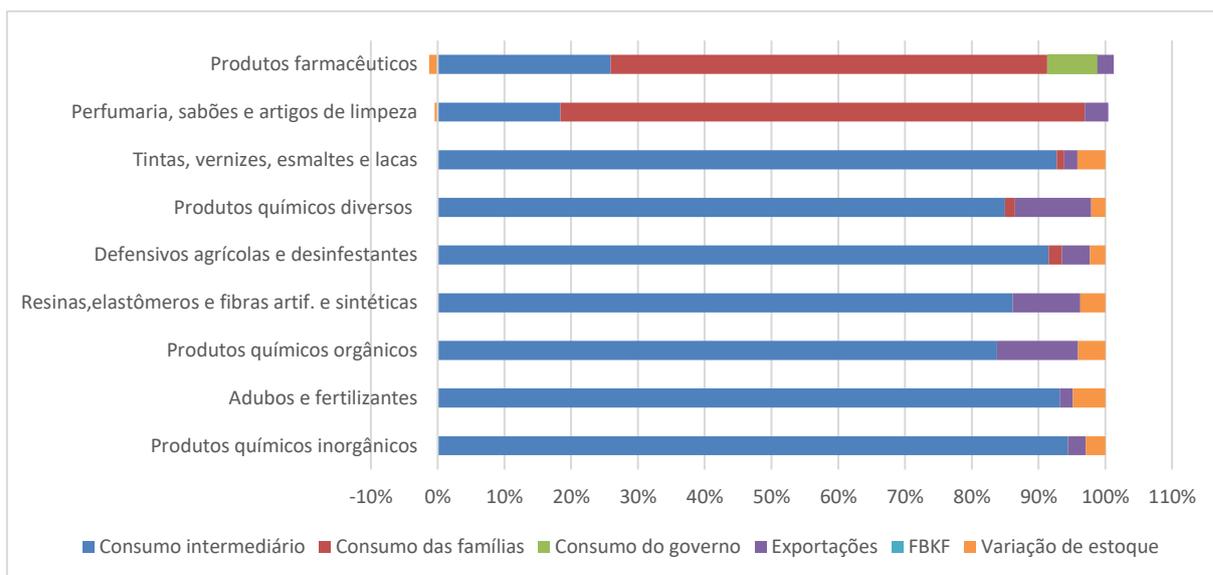


Figura 11: Distribuição das vendas (em %), Química (produtos, classificação SCN), Brasil - 2010

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2015).

Conforme pode ser observado pela distribuição das vendas, a indústria química possui uma grande interdependência em termos de matérias-primas (ABIQUIM, 2010). Ou seja, a demanda de insumos químicos básicos é altamente dependente de várias gerações de produtos intermediários da própria indústria que são necessários para a produção de seus produtos finais. Estes, por sua vez, dependem do consumo industrial e do consumo final, sendo, portanto, altamente elásticos ao crescimento do PIB (KUPFER et al., 2006).

2.4.3 CIMENTO, CAL E VIDRO

Observa-se que a maior parte da produção das atividades dentro do subsetor *Cimento, Cal e Vidro* serve de matéria-prima para outros segmentos e setores (consumo intermediário), (Figura 12). Em 2010, a produção de *Cimento* destinou-se, praticamente em sua totalidade, ao consumo intermediário (99,9%). O restante (0,01%) foi destinado ao exterior.

Em relação a *Vidros, cerâmicos e outros produtos de minerais não-metálicos*, destinou-se cerca de 85% da sua produção ao consumo intermediário, 4% ao consumo das famílias, 7% ao exterior e 3% aos estoques. De acordo com MME (2012), além da siderurgia e da construção civil, que juntas consomem mais de 68% da produção de cal, outros subsetores e atividades também dependem da cal, a saber: saneamento básico; químico; papel e celulose; metalurgia de não ferrosos (indústria do alumínio); sucroenergético; produção de rações; fertilizantes, e outras áreas do agronegócio.

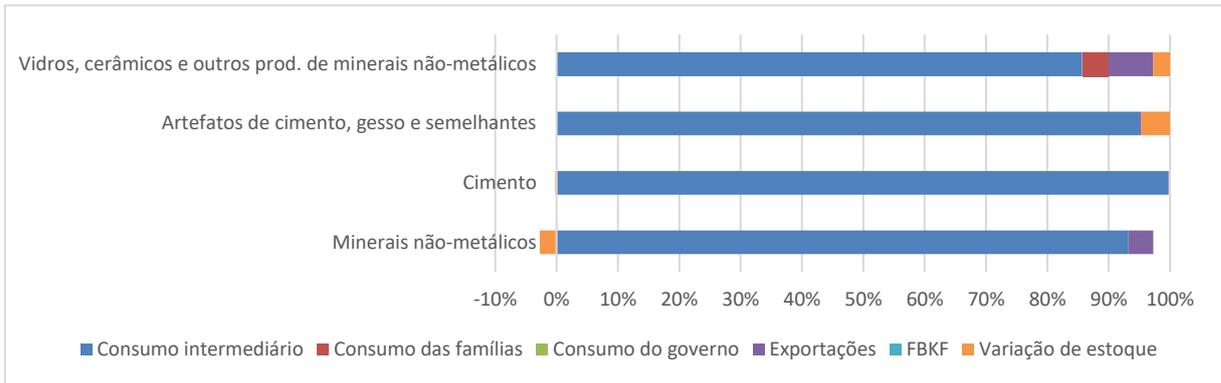


Figura 12: Distribuição das vendas (em %), Cimento, Cal e Vidro (produtos, classificação SCN), Brasil - 2010

Fonte: IBGE (2015).

2.4.4 FERRO E AÇO

A produção do subsetor *Ferro e Aço* apresenta importantes *commodities* destinadas ao mercado externo, mas também serve de matéria-prima para outros segmentos e setores nacionais (consumo intermediário). Em 2010, o segmento *Minério de ferro* destinou cerca de 79% da sua produção às exportações e 21% ao consumo intermediário (Figura 13). Os produtos de *Ferro-gusa e ferroligas* tiveram praticamente a metade da sua produção (49%) destinada ao mercado externo e cerca de 51% aos outros segmentos e setores brasileiros. Já os produtos *Semi-acabados, laminados planos, longos e tubos de aço* tiveram cerca de 89% de sua produção destinada ao consumo intermediário, apenas 11% ao exterior e menos de 1% aos estoques e consumo das famílias.

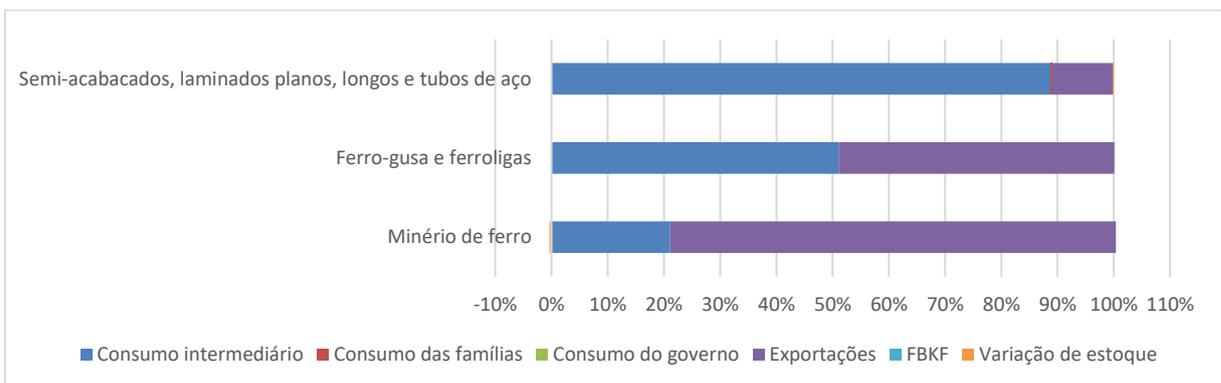


Figura 13: Distribuição das vendas (em %), Ferro e Aço (produtos, classificação SCN), Brasil - 2010

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2015).

2.4.5 ALUMÍNIO

A cadeia primária do alumínio é formada pelas seguintes etapas: mineração de bauxita (minério rico em alumínio); refino da bauxita (etapa na qual se produz a alumina) e redução da alumina (etapa na qual se produz o alumínio). A partir do alumínio primário é possível fazer as transformações necessárias para o seu uso final por diversas indústrias, como, por exemplo, de construção civil e de transportes.

Em relação à distribuição das vendas do subsetor, a maior parte da produção do subsetor *Alumínio* serve de matéria-prima para outros segmentos e setores (consumo intermediário), e uma menor parte é destinada ao exterior. Observa-se que os produtos *Minerais metálicos não-ferrosos tiveram*, em 2010, cerca de 74% da sua produção destinada ao consumo intermediário, 23% ao exterior e 4% aos estoques. Já os *Produtos da metalurgia de metais não-ferrosos* contaram com 71% da sua produção destinada ao consumo intermediário, cerca de 1% para o consumo das famílias, 26% para exportação e cerca de 3% foi para estoque. *Peças fundidas de aço e de metais não-ferrosos* destinou quase a totalidade da sua produção (mais de 99%) aos outros segmentos e setores e menos de 1% para a exportação (Figura 14).

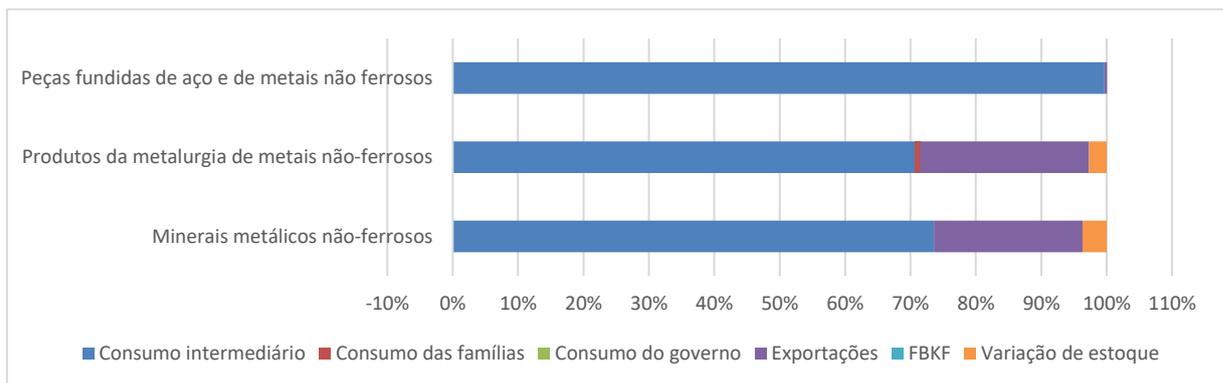


Figura 14: Distribuição das vendas (em %), Alumínio (produtos, classificação SCN), Brasil - 2010

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2015).

2.5 VULNERABILIDADE EXTERNA

No que diz respeito à vulnerabilidade externa e com o intuito de verificar possíveis impactos sobre a competitividade setorial, é possível observar, na Figura 15, a participação das exportações na produção das atividades dos subsetores selecionados do estudo. Sendo assim, segundo o conceito do coeficiente de exportações na estrutura de produção¹², em 2010, *Extração de minério de ferro, inclusive beneficiamentos e a aglomeração* (Ferro e Aço) foi a atividade mais vulnerável dentre as atividades dos setores selecionados do estudo, com 89% de exportações por unidade monetária de produção. Mais

¹² Obtido da relação entre a exportação e o valor bruto da produção para cada um dos setores da economia.

abaixo está a *Extração de minerais metálicos não-ferrosos, inclusive beneficiamentos* (Alumínio), a qual representou a segunda atividade mais vulnerável em relação aos setores selecionados do estudo, com 34% de exportações por unidade monetária de produção. Ainda dentro do setor Alumínio, *Metalurgia de metais não-ferrosos e a fundição de metais* aparece como a terceira atividade mais vulnerável, com 31%. *Extração de carvão mineral e de minerais não-metálicos* e *Fabricação de produtos de minerais não-metálicos* (pertencentes ao subsetor Cimento, Cal e Vidro) apresentaram os menores coeficientes de exportação, ambos com 6% de exportações por unidade monetária de produção, e, portanto, menos vulneráveis do que os demais.

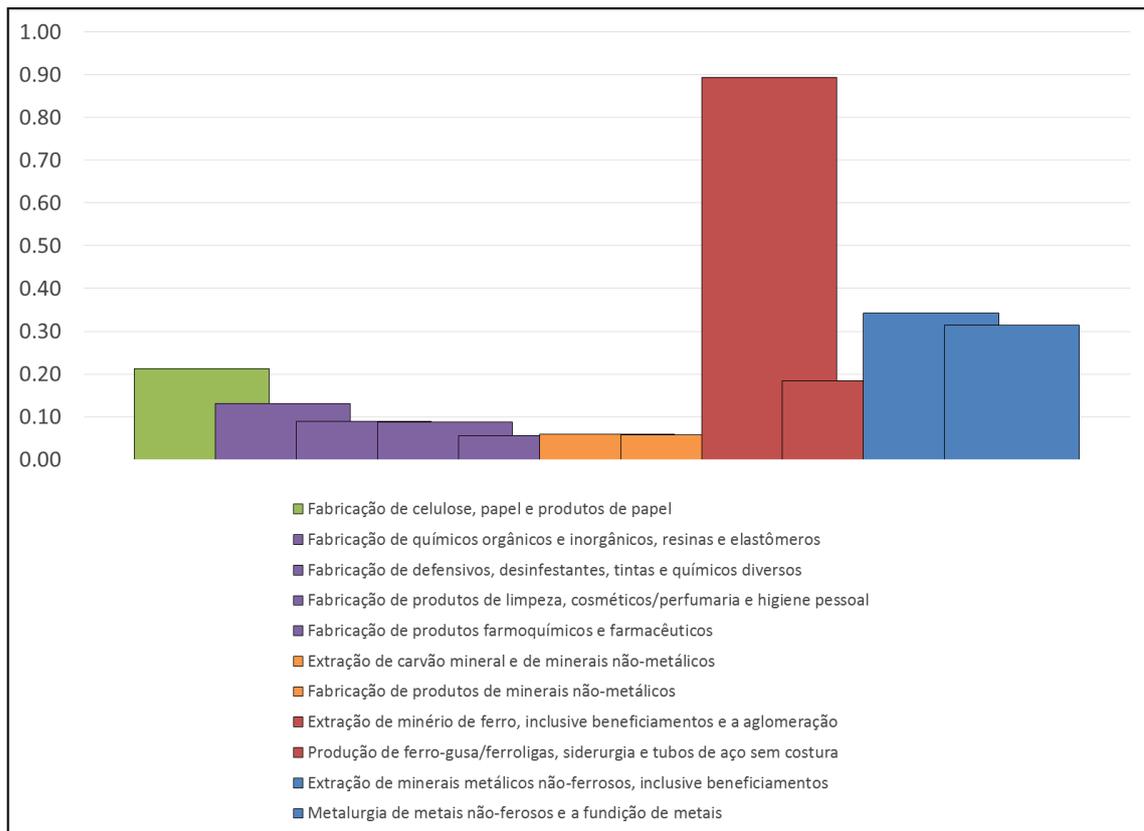


Figura 15: Participação das exportações na produção das atividades dos setores selecionados do estudo, 2010

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2015).

Ademais, em um mundo globalizado, o mercado doméstico também é vulnerável a importações, principalmente em mercados com produtos relativamente homogêneos. Portanto, também foi realizada uma análise do coeficiente de penetração das importações¹³ dos produtos dos subsetores selecionados do estudo. A média dos coeficientes de penetração de importação dos subsetores industriais selecionados do estudo foi de 14%, em 2010. A indústria química apresenta os maiores coeficientes

¹³ Dado pela parcela da oferta interna atendida pelas importações.

de penetração das importações em relação aos demais subsetores selecionados do estudo: *Produtos químicos inorgânicos*, *Produtos químicos orgânicos* e *Resinas, elastômeros e fibras artificiais e sintéticas*, os quais apresentaram altos coeficientes de penetração de importação, 39%, 34% e 27%, respectivamente, indicando elevada vulnerabilidade ao mercado externo. O subsetor de alumínio também apresenta produtos com alta vulnerabilidade ao mercado externo, caso de *Minerais metálicos não-ferrosos* e *Produtos da metalurgia de metais não-ferrosos* com 18% e 20%, respectivamente. Ressalta-se, entretanto, que a penetração do aço chinês vem impactando na competitividade do setor, em especial nos últimos anos. Por outro lado, os produtos dos subsetores como Cimento, Cal e Vidro e Papel e Celulose apresentaram coeficientes abaixo de 10% e, portanto, são menos vulneráveis do que os demais.

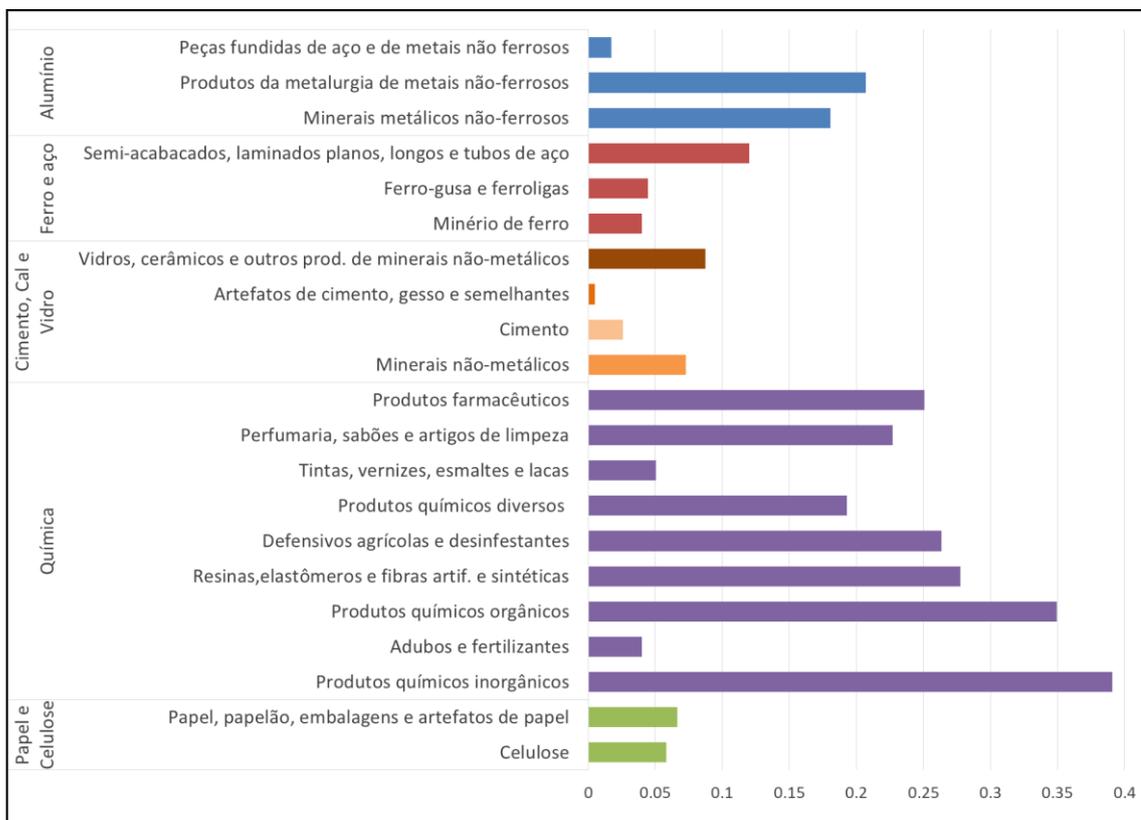


Figura 16: Coeficiente de penetração das importações das atividades dos subsetores selecionados do estudo (produtos, classificação SCN), 2010

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2015).

2.6 FORMAÇÃO DE PREÇOS

Esta seção apresenta fatores que contribuem para a formação de preços dos subsetores e estes são apresentados em subseções específicas.

2.6.1 PAPEL E CELULOSE

Com respeito à estrutura de preços deste subsetor, os custos de produção de celulose de fibra curta no Brasil (Figura 17) estão entre os menores do mundo. Além disso, segundo Fibria (2012), os produtores globais e nacionais são impactados por:

- custo da madeira, devido ao custo da terra;
- custo de produtos químicos e energia, dado que a demanda global por *commodities* aumenta a pressão por materiais básicos;
- frete, devido ao baixo investimento em infraestrutura (portos, estradas, etc) e aos altos preços dos combustíveis, e
- custo da mão de obra.

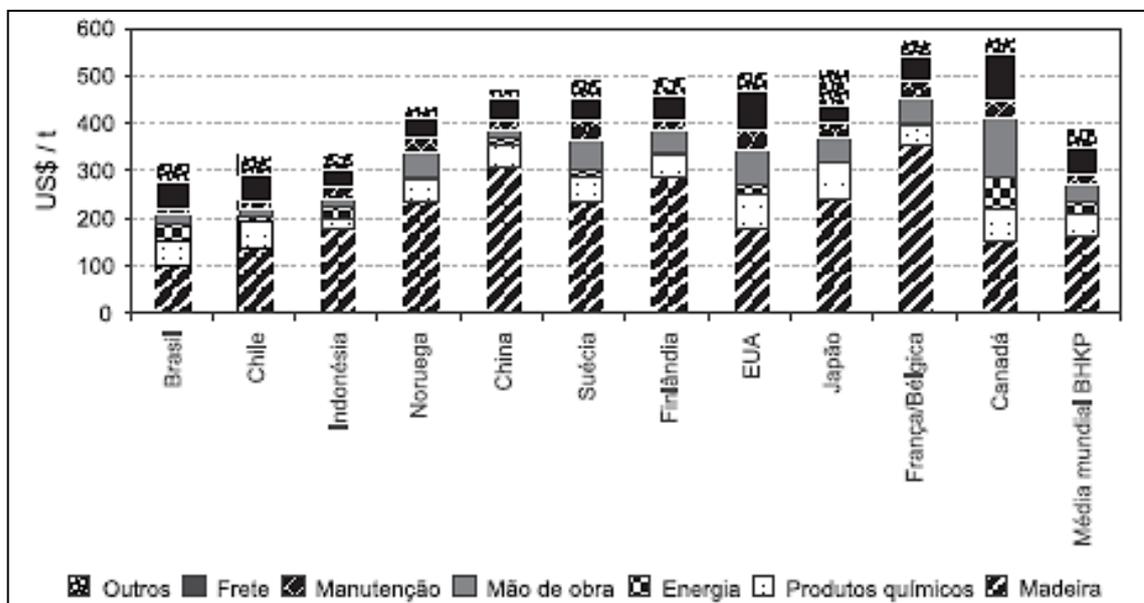


Figura 17: Custos de produção de celulose de fibra no Brasil e no mundo

Fonte: BNDES (2010).

Apesar da posição de destaque, no que concerne à produção de celulose, segundo Bacha e Montebello (2007), o Brasil é um tomador de preço no mercado internacional, devido à pequena dimensão da sua produção e exportação em relação ao volume comercializado mundialmente. De acordo com BNDES (2010), os preços do mercado internacional de celulose possuem um caráter cíclico, sendo sensíveis às alterações de capacidade da indústria, aos estoques dos produtores, ao valor do dólar norte-americano, aos custos de produção e frete, e, sobretudo, às oscilações da atividade econômica mundial. Além disso, outro aspecto que chama a atenção é o fato de os preços, tanto da celulose de fibra longa quanto da celulose de fibra curta, variarem mais ou menos à mesma taxa, o que reflete o ajuste fino de preços dos dois produtos no mercado internacional e reduz oportunidades de arbitragem. Sendo assim, empresas com custos de produção superiores (inferiores) trabalham com margens de

lucro inferiores (superiores), e são as primeiras (últimas) a sofrerem paralisações em ciclos de baixa no preço da *commodity*.

Em relação ao preço do papel, estes são determinados pelas condições de oferta e demanda nos mercados regionais onde são comercializados, embora com comportamento mais estável do que o dos preços de celulose. Além disso, eles sofrem flutuações em decorrência direta de diversos fatores, dentre eles as flutuações nos preços de celulose e de características específicas dos mercados.

Quanto à absorção a uma eventual precificação de carbono pelo setor de papel e celulose, dado que o setor possui uma produção concentrada, bem como custos abaixo dos competidores internacionais, este possui uma capacidade de se manter competitivo mesmo com preços moderados de carbono, ainda que seus concorrentes internacionais não precificassem.

2.6.2 QUÍMICA

No que diz respeito à estrutura de preços da indústria química, a análise das atividades do setor segue a desagregação do IBGE (2015), na qual: (i) Química 1: *Fabricação de químicos orgânicos e inorgânicos, resinas e elastômeros*; (ii) Química 2: *Fabricação de defensivos, desinfestantes, tintas e químicos diversos*; (iii) Química 3: *Fabricação de produtos de limpeza, cosméticos/perfumaria e higiene pessoal*; e (iv) Química 4: *Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos*.

Os produtores da atividade “Química 4 - *Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos*” têm sofrido pressão de instituições, hospitais e clínicas e até mesmo dos governos, para uma flexibilização dos preços deste mercado visto que a venda para grandes corporações está associada a grandes volumes. Para o poder público é interessante que a população tenha acesso a medicamentos de mais baixo preço, visto que pode vir a reduzir os gastos com saúde pública. Também, os planos de saúde, como já visto nos EUA, podem ser importantes na determinação de preços competitivos, já que estão interessados em diminuir os preços dos medicamentos visando a redução de custos de cobertura. Esses fatores também enfraquecem o poder de determinação de preços dos oligopólios farmacêuticos. (MOREIRA & VARGAS, 2009).

No caso da indústria petroquímica (pertencente ao segmento Química 1 – *Fabricação de Químicos Orgânicos*), sua competitividade pode ser relacionada a dois principais fatores exógenos: a disponibilidade e o preço das matérias-primas e o alto custo fixo de investimento (CNI, 2010). Por ser uma indústria altamente capital-intensiva, a petroquímica foi configurada ao longo dos anos em torno da integração vertical e horizontal, que garante, entre outras vantagens, a possibilidade de atuação com características de monopólio e com economias de escopo, com grande presença de empresas transacionais. Sua dinâmica está relacionada aos ciclos de preços internacionais, que, por sua vez, são determinados pelos preços das matérias-primas e pelo balanço entre a capacidade instalada e a demanda (BAIN&COMPANY, 2014).

O mercado de petroquímicos básicos e de segunda geração é altamente dependente dos preços de petróleo. As resinas como PE, PP e PVC¹⁴ são *commodities* vendidas no mercado global e seus preços variam de acordo com fatores macroeconômicos globais. A rentabilidade das companhias fabricantes destas matérias-primas é estabelecida de acordo com o *spread* (Figura 18), onde o custo da matéria-prima para a produção depende em grande parte do preço da nafta, insumo precificado a partir do preço do barril de petróleo. Assim, este mercado oscila de momentos com margem muito estreita e margem alta, por conta dos preços do petróleo (BRASKEM, 2016)¹⁵.

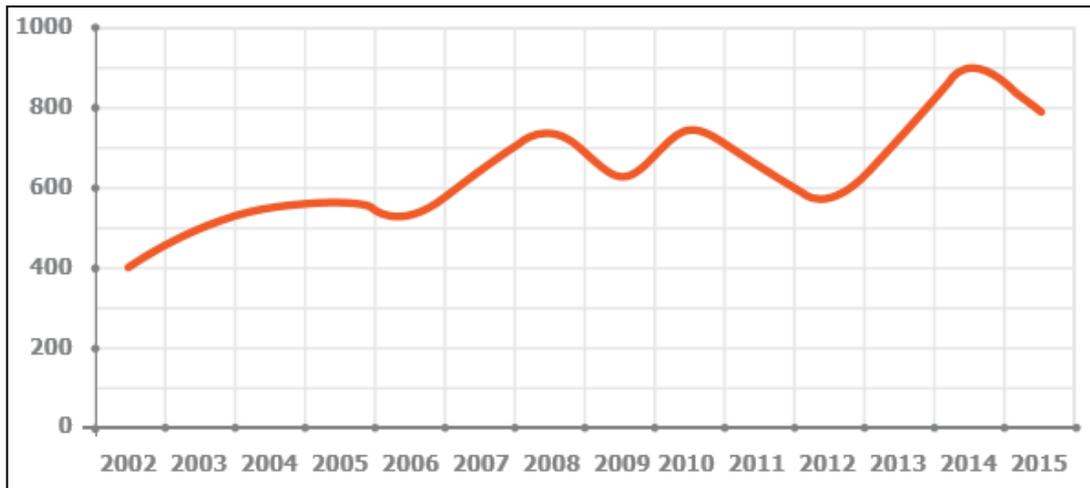


Figura 18: Spread de resinas petroquímicas (US\$/t)

Fonte: BRASKEM (2016).

A indústria química, como um todo, é uma indústria historicamente deficitária. O consumo aparente nacional vem apresentando queda nos últimos anos, e pode-se dizer que o Brasil se torna cada vez mais dependente do mercado internacional, seja para a venda de produtos que não estão sendo absorvidos aqui, seja para a importação, fazendo-se assim vulnerável à situação macroeconômica mundial (BRASKEM, 2016). Grande parte da produção brasileira petroquímica depende do uso de nafta, que chega a 69% da matéria-prima utilizada; o uso de gás natural responde por 31%.

No cenário internacional, as cotações do barril de petróleo - e conseqüentemente, da nafta petroquímica e do gás natural - apresentam expressivo reflexo no preço internacional de diversos produtos químicos que possuem alguma dependência de matérias-primas básicas atreladas ao petróleo (CNI, 2010).

Além das resinas, outros produtos, como aromáticos (benzeno, tolueno e xilenos), também utilizam como matéria-prima nafta e gás natural. Tais produtos, por sua vez, são transformados em uma ampla

¹⁴ Polietileno, polipropileno e policloreto de vinila.

¹⁵ Destaca-se também a relevância do cenário político na definição da política de combustíveis do país, que pode, de certa forma, reduzir o impacto da volatilidade dos preços do barril do petróleo no mercado internacional.

gama de plásticos, borrachas sintéticas (elastômeros), solventes e outros produtos petroquímicos. Assim, estes também sofrem influência das variações de preços destes insumos (CNI, 2010). Em relação ao segmento da indústria química inorgânica, o cloro é a mais importante das commodities, segundo KUPFER et al. (2006), e seu preço também é fortemente afetado pelo preço do gás natural.

Já a formação de preços para os fertilizantes, além de relacionada a variações de preço de gás natural, está relacionada às variações de preço e da demanda de *commodities* agrícolas internacionais. No caso de fertilizantes nitrogenados, cerca de metade do consumo nacional é atendido por importações. Como a principal matéria-prima utilizada é o gás natural, seu preço varia de acordo com uma cesta de produtos atrelado ao petróleo. Os preços dessa matéria prima praticados no Brasil são significativamente maiores do que os praticados pelos EUA (KUPFER et al., 2006), o que afeta a competitividade da indústria de fertilizantes nacional, pois o preço do principal insumo é muito alto.

Vale ressaltar, também, que as variações de câmbio também causam impactos na competitividade da indústria química nacional, que é dependente de importação de produtos básicos, e tem seus investimentos atrelados ao câmbio. Sendo assim, o faturamento da indústria química, que apresenta crescimento estável na moeda brasileira, sofre fortes oscilações ao se considerar seu faturamento em dólar.

Considerando, portanto, (i) a alta exposição do setor ao comércio exterior em geral, associada à necessidade de acesso a matérias-primas em volumes, prazos de fornecimento e preços competitivos (CNI, 2010) e (ii) seu valor da *proxy* da margem de lucro (seção 2.2, Figura 5) relativamente baixo, com exceção da atividade de Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos, pode-se concluir que, frente à uma eventual precificação de carbono, haveria uma dificuldade de absorção de custos pelo setor.

2.6.3 CIMENTO, CAL E VIDRO

Uma análise de mercado e formação de preço destes subsetores demonstra que se tratam de segmentos intermediários, com grande parte de sua produção destinada a outros segmentos industriais. Os segmentos subsetores de cal e cimento têm forte relação com a indústria de construção civil, enquanto o subsetor vidreiro é relacionado à indústria automobilística, à construção civil e ao segmento de alimento e bebidas. No subsetor de *Cal*, a formação de preços varia dependendo do tipo - cal virgem ou hidratada, o que influencia no uso - e também do tipo de empresa produtora - integrada, cativa ou transformadoras. A diferença entre a cal hidratada e a cal virgem, também leva em conta a diferença de preços entre os pequenos e grandes produtores (geralmente integrados e cativos e com venda de cal como intermediário para outras indústrias). A cal vendida em pequenas quantidades ao consumidor final ou pequenos construtores tem seu custo mais alto devido a fretes de distribuição pelo país, além da escala.

É possível considerar este subsetor (Cal) pouco suscetível à competição externa, visto que seu consumo aparente acompanha o nível de produção; ou seja, a demanda interna é quase integralmente atendida pela produção nacional, sem necessidade de importação. Outra característica deste subsetor é a heterogeneidade de empresas produtoras, com comportamentos altamente distintos. Segundo a JMendo (2009), grandes empresas, muitas vezes multinacionais com grande capital de giro, têm maior capacidade de absorver as oscilações de mercado e investir em novas tecnologias e oportunidades, enquanto as pequenas empresas dependem intensamente da intervenção do governo para garantir sua competitividade. Deste modo, a introdução da precificação de carbono poderia acarretar um aumento da concentração do subsetor em torno das empresas com maior capacidade de absorção em detrimento daquelas menos competitivas.

No subsetor de *Vidro*, com a entrada de novos *players* nos últimos anos na indústria de vidro plano e a venda das atividades de vidro oco do Grupo Saint-Gobain, as características de oligopólio do setor foram amenizadas, mesmo que ainda prevaleça uma relevante concentração de mercado. O mercado vidreiro já apresentou balança comercial favorável no passado, entretanto, em anos recentes, este tem perdido competitividade internacional por conta de forte entrada da China neste mercado e também devido aos altos preços do gás natural no Brasil. O segmento de vidro no país emprega em seus fornos principalmente gás natural (95%). Assim, os preços deste insumo têm um grande impacto nos custos do setor. Estima-se que os gastos com gás natural e energia elétrica correspondam a cerca de 25% do custo final de produção, podendo chegar a 35% (CNQ, 2015).

Já o subsetor de cimento brasileiro opera com margens de lucro baixas, tendo grande dificuldade em repassar custos. Além disso, o grau de concentração de mercado do setor não é muito elevado, tornando a propagação de novos custos para o consumidor mais dispersa, com o custo marginal de todos os produtores aumentando¹⁶. Apesar de não apresentar competição internacional, os efeitos da baixa margem combinados com a baixa concentração de empresas resultam em grandes barreiras no setor para a incorporação de novos custos de produção, estando este, portanto, altamente exposto ao efeito de eventual precificação de carbono.

2.6.4 FERRO E AÇO

Em termos de produção, a indústria siderúrgica brasileira encontra-se operando com grande capacidade ociosa, diretamente associada ao momento econômico vivido pelo país. Deve-se ressaltar que, desde 2007, a indústria siderúrgica brasileira opera com menos de 85% de sua capacidade. De

¹⁶ Destaca-se, nesse contexto, a importância de se considerar os impactos sobre os investimentos públicos em infraestrutura, possivelmente reduzindo o custo de produção e, portanto, o preço final do bem.

uma utilização de 87% em 2007, o setor passou a uma taxa de utilização média de 71,3%, em 2012, chegando a menos de 70% em 2014 (Figura 19).

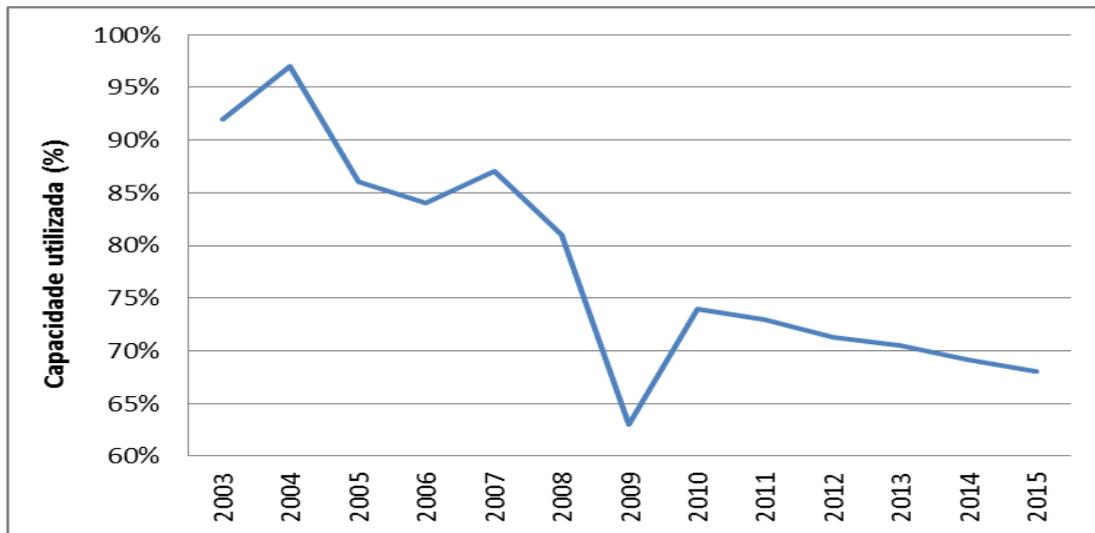


Figura 19: Utilização da Capacidade da Indústria Siderúrgica Brasileira

Fonte: Adaptado de Instituto Aço Brasil. (2013 e 2016).

Ademais, o parque industrial possui instalações relativamente novas (entre 1990 e 2003 a produção de aço no país aumentou em 50%). Essa característica, combinada com a alta ociosidade atual, aponta para uma demora na retomada de investimentos em capacidade instalada, mesmo em um momento de retomada de crescimento econômico do país.

Uma análise mercadológica do setor e de sua formação de preços, revela uma alta sensibilidade à competição externa. Assim, caso os custos dos produtos nacionais subam, eles podem ser substituídos por importados. O aumento das importações de aço ocorrido nos últimos anos, combinado com a redução da demanda interna, acarretaram um impacto com consequências severas, aumentando consideravelmente a capacidade ociosa do país. Em contrapartida, a boa qualidade do minério de ferro brasileiro pode ser considerada como uma vantagem competitiva do país em um mercado em que a competição internacional é extremamente relevante¹⁷.

Entretanto, o país enfrenta assimetrias competitivas¹⁸ no mercado internacional, resultando em dificuldades da indústria nacional de concorrer com o aço importado. Segundo o Instituto Aço Brasil (IAB), a exportação seria uma opção para melhorar o grau de utilização de capacidade instalada. Hoje,

¹⁷ Entretanto, nota-se a dificuldade de acesso ao minério de ferro de melhor qualidade devido a fatores logísticos, técnicos e de processo. A concorrência dos minérios disponíveis no mercado definem a escolha.

¹⁸ Às condições para produção de aço no Brasil fazem com o que o custo do produto fique maior do que o aço chinês. A assimetria se refere ao fato da China conseguir oferecer o aço no mercado a preços inferiores devido ao seu baixo custo de produção de produtos industrializados, incentivos de províncias, subsídios do governo e menores tributos.

com uma ociosidade de aproximadamente 40% devido à retração do mercado interno brasileiro, o setor siderúrgico convive com excedentes de capacidade internacional que ultrapassam 700 milhões de toneladas, tendo como consequência práticas desleais de comércio e preços depreciados.

No que diz respeito à absorção de um instrumento de precificação de carbono, de acordo com o indicador EOB (seção 2.2, Figura 5) a siderurgia possui uma margem de lucro que varia da mais alta entre os setores selecionados à uma das mais baixas. Este fato pode dificultar tal absorção de uma possível precificação. Porém, a alta concentração do setor facilita que os custos sejam repassados aos consumidores.

2.6.5 ALUMÍNIO

A produção de alumínio primário no Brasil em 2016 foi de 792 mil toneladas, 2,7% maior do que o observado em 2015. Tal crescimento apontou certa estabilização do subsetor após as grandes quedas produtivas apresentadas em 2015 em relação a 2014, e neste ano em relação ao anterior, de 26,2% e 19,7%, respectivamente (ABAL, 2017c). Tais quedas podem ser explicadas pela competitividade dos produtos chineses e pelo alto custo da energia elétrica, que chega a ser responsável por até 60% dos custos de produção. A Figura 20 evidencia que, após um período de aumentos anuais da produção entre 2004 e 2008, desde 2009 a 2015 a produção brasileira de alumínio primário apresentou sucessivas reduções, com uma redução média de 11% a.a. entre 2010 e 2014.

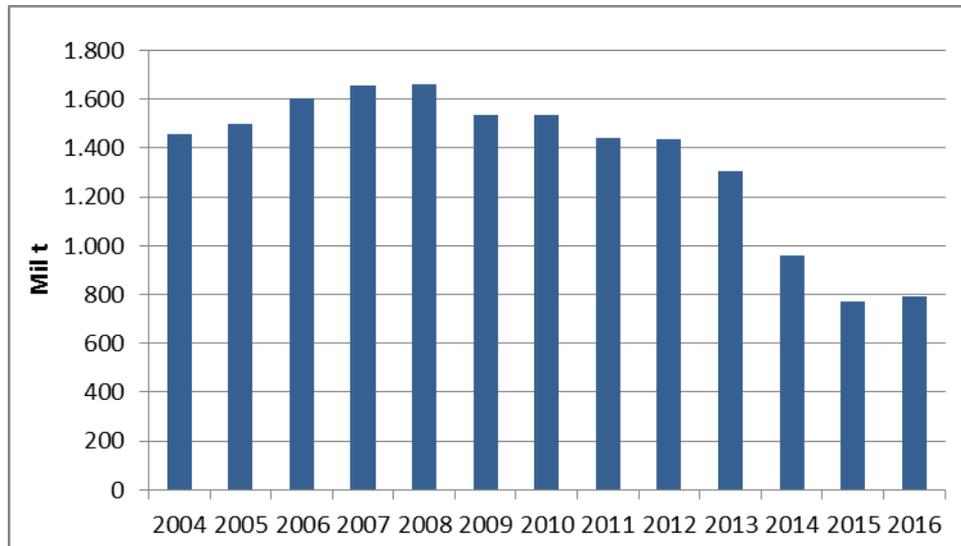


Figura 20: Produção de alumínio primário no Brasil (2004-2016)

Fonte: Elaboração própria a partir de ABAL (2017c).

Em contrapartida, o consumo aparente do metal apresentou tendência de crescimento desde 2009, crescendo, em média, 6% a.a. entre 2010 e 2014. Tal consumo vem sendo suprido pelo aumento do uso de metal reciclado no setor, bem como pelas importações. Neste contexto, quando comparado a

outros países, o Brasil apresenta uma alta relação entre a sucata recuperada e o consumo doméstico, chegando a 38,5%, sendo a média mundial de 27,1%. Países como a Itália e Reino Unido chegam a 54,6% e 50,1%, respectivamente (DNPM, 2017).

No que diz respeito à análise mercadológica do setor e à formação de preços de seus produtos, as grandes empresas produtoras de alumínio primário formam o preço de suas ligas com base na Bolsa de Mercadorias de Londres (LME) de acordo com a fórmula “LME+prêmio”, uma vez que o alumínio importado incorre em custos adicionais como o frete marítimo, seguro, tarifas portuárias, e tributação, que se transformam em um prêmio para o produtor interno. Este prêmio não é idêntico para todas as empresas. Além disso, as empresas recicladoras de alumínio seguem os preços estabelecidos pelas grandes empresas, mantendo os preços de suas ligas abaixo dos determinados. Os valores dos contratos são negociados de acordo com cada empresa e consumidor (CARDOSO, 2011).

Em relação ao mercado externo, a referida redução na produção de alumínio primário, em 2015, levou a que o país passasse a ser importador da matéria-prima. Apesar desta retração, no ano de 2016, os preços “spot” do alumínio apresentaram crescimento. Paralelamente, a indústria brasileira apresentou números positivos naquele ano, com aumento significativo nas exportações do metal primário. Além disso, a valorização do dólar americano ante o real brasileiro proporcionou incentivo para os produtores brasileiros exportarem. Porém, estes fatores perderam força no final de 2016: os preços da energia voltaram a subir, a moeda se estabilizou e os prêmios brasileiros começaram a ser retomados. As perspectivas de especialistas do setor para o ano de 2017 são de que a produção se mantenha estável, mas que as exportações não voltem a crescer.

No que concerne à absorção de taxas de carbono, este subsetor possui uma margem de lucro abaixo de 20%, a qual dificulta tal absorção. Sendo assim, ele é propenso a repassar esta taxa, o que levaria a uma perda de competição internacional. Acrescenta-se a isso o fato de que o subsetor enfrenta concorrência internacional significativa. Ademais, o subsetor de alumínio possui baixa concentração, o que também dificulta o repasse das taxas para seus consumidores. Sendo assim, na ausência de mecanismos de reciclagem focados na proteção do subsetor de Alumínio, este poderia enfrentar dificuldades para absorver altos custos de carbono.

3 CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA E PERFIL DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA¹⁹

Neste estudo foram levantadas informações referentes às emissões dos sete subsetores industriais analisados, segregadas em “Emissões de Processo” e “Emissões de Energia” conforme a classificação

¹⁹ A metodologia utilizada para o estabelecimento das melhores tecnologias disponíveis está disposta no Apêndice B e as tabelas com as principais opções de abatimento são apresentadas no Apêndice C.

do Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (MCTI, 2015). A compilação dos resultados é mostrada na Tabela 1, indicando um total de 121.493 GgCO₂ equivalentes no ano de 2010, sendo 61,4% associados a emissões de processo de produção industrial, enquanto o restante (38,6%) relacionado ao consumo de energéticos.

Tabela 1: Perfil de Emissões de Gases de Efeito Estufa dos subsetores industriais analisados (ano 2010)

Subsetor	Energia	Processo	Total por Subsetor	Percentual
Alumínio	3.702	3.708	7.410	6,1%
Cal	2.148	5.950	8.098	6,7%
Cimento	14.619	21.288	35.907	29,6%
Ferro-Gusa e Aço	5.557	39.794	45.351	37,3%
Papel e Celulose	5.455	292	5.747	4,7%
Química	13.949	3.488	17.438	14,4%
Vidro	1.429	114	1.543	1,3%
TOTAL	46.859	74.634	121.493	100,0%

Fonte: Elaboração a partir de Brasil (2016).

A Figura 21 mostra a participação de cada subsetor analisado nas emissões totais de CO₂eq destes subsetores, sendo o de Ferro-Gusa e Aço o mais significativo, responsável por 37% das emissões, seguido pelos subsetores de Cimento e Química, com cerca de 30% e 14% respectivamente.

A Figura 22 faz a separação setorial para as emissões de energia e de processos. Os subsetores de Cimento e de Química apresentaram os dois maiores volumes de emissões de energia, com cerca de 30%, enquanto o subsetor de Ferro-Gusa e Aço lidera as emissões de processo com um total de 53% (os energéticos utilizados também como redutores na produção de gusa são considerados como emissão de processo).

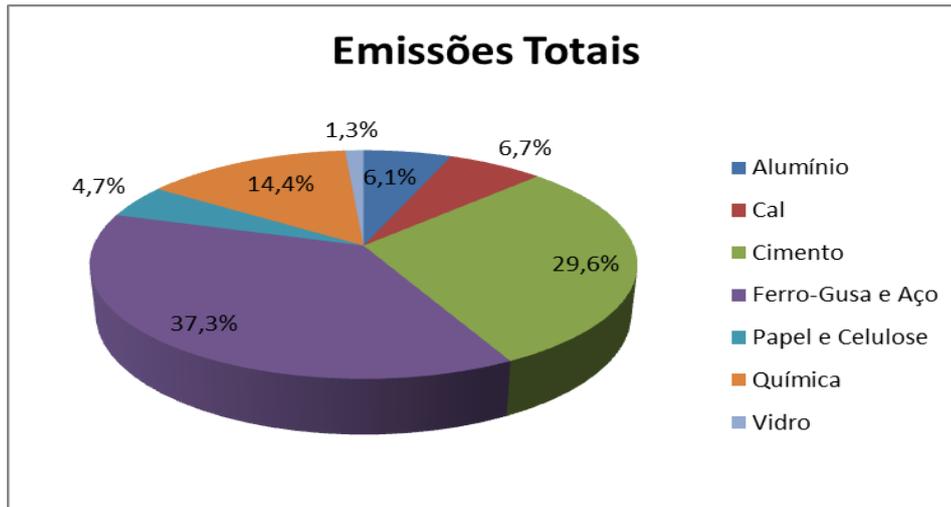


Figura 21: Perfil de emissões dos subsetores analisados, 2010

Fonte: Elaboração própria.

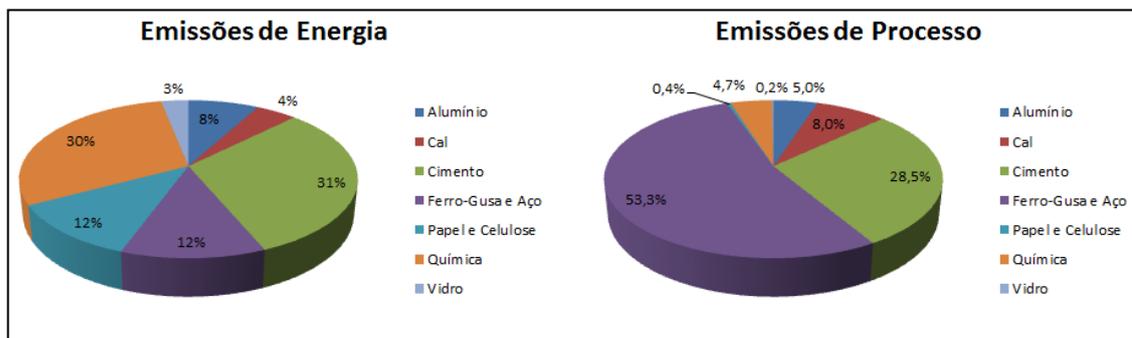


Figura 22: Desagregação das Emissões de Energia e Processos da indústria, 2010

Fonte: Elaboração própria.

A seguir é feita uma análise individual de cada subsetor industrial selecionado.

3.1 PAPEL E CELULOSE

Segundo o Balanço Energético Nacional 2013 (EPE, 2014), o subsetor de papel e celulose foi o terceiro maior consumidor de energia do segmento industrial brasileiro neste ano, tendo sido responsável por aproximadamente 14% do consumo total da indústria. Ainda segundo EPE (2014), o subsetor aumentou significativamente seu uso da energia nos últimos dez anos, apresentando no ano de 2013 um consumo de aproximadamente 10,5 milhões de tep, cerca de 45% acima do valor publicado para o ano de 2004.

Os principais energéticos utilizados pelo subsetor foram a lenha, correspondendo por 47,1% do total da energia utilizada, em seguida a eletricidade com 15,9%, gás natural com 15,3% e carvão com 7,6%. Observa-se que apesar de ser intensivo no uso de energia, grande parte de sua geração advém de fontes renováveis.

Segundo Henriques Jr. (2010), praticamente todas as etapas do processo fabril de papel e celulose apresentam alta intensidade energética. No Brasil, o consumo específico no ano de 2013 foi de 22,3 GJ/t de papel e celulose. Excluindo-se a energia elétrica, este consumo específico resultou em 18,7 GJ/t de papel e celulose. Se considerada a adoção das melhores tecnologias, de acordo com a *International Energy Agency* (IEA) (2007) e WORREL et al. (2008), e a cesta atual de produtos (rotas de processamento de celulose e os diversos tipos de papel), poderia se projetar o consumo específico global ideal a ser atingido entre 13,5 e 14,5 GJ/t de papel e celulose ou entre 11,5 e 12,3 GJ/t para somente a energia térmica, indicando consideráveis reduções para o uso de *Best Available Technologies* (BAT) no setor.

Além disso, em relação às emissões de GEE, aquelas provenientes do processo industrial para produção de papel e celulose são baixas quando comparadas aos demais setores industriais. A produção da celulose química, em especial, realizada prioritariamente pelo processo Kraft, é emissor indireto de GEE, dado que durante a preparação da celulose pelo processo Kraft, reações químicas são fonte de emissões de CO, NOx e NMVOC. No que diz respeito às emissões de energia, estas são consideravelmente mais significativas. Em 2010, as emissões de Processo do setor de Papel e Celulose foram 291,8 GgCO₂eq e as emissões de Energia atingiram 4.628 GgCO₂eq.

De acordo com as medidas de eficiência energética que foram selecionadas pelo processo de modelagem integrada no projeto “Opções de Mitigação de Gases de Efeito Estufa”²⁰, os maiores potenciais de redução de consumo de combustíveis estão associados aos maiores custos tanto de investimentos, como de (operação e manutenção - O&M). O uso de prensas mais eficientes tem um potencial de reduzir 15% do consumo energético, porém com um custo de investimento de 55,9 US\$/t de produto. As medidas Caldeira de papel com retorno de condensado e Caldeira auxiliar com retorno de condensado possuem um potencial de quase 14% com um custo de cerca de 90% menor que o uso de prensas mais eficientes.

3.2 QUÍMICA

Pelo fato de ser grande usuário de energia e de ter papel fundamental na economia, provendo insumos a diversas outras indústrias, o subsetor químico é alvo de investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias ao redor do mundo. De fato, segundo IEA (2014), o setor químico e petroquímico responde por cerca de 10% da demanda final mundial de energia e por 7% das emissões globais de gases de efeito estufa (GEE). O maior consumo energético e intensidade de emissões se concentra na produção de dezoito produtos²¹ que respondem por 80% da demanda de

²⁰ Vide Tabela C1 do Apêndice C.

²¹ Acrilonitrila, amônia, benzeno, caprolactama, cumeno, eteno, etileno-glicol, óxido de etileno, PEAD, PEBD, PELBD, metanol, xilenos, fenóis, PP, propileno, óxido de propileno, p-xileno, estireno, ácido tereftálico, tolueno e cloreto de vinilideno.

energia da indústria química e 75% das emissões. A Figura 23 demonstra a relação entre as emissões de energia e as emissões de processo, evidenciando a discrepância entre esses valores e que a composição do setor se dá, majoritariamente, devido às emissões de energia.

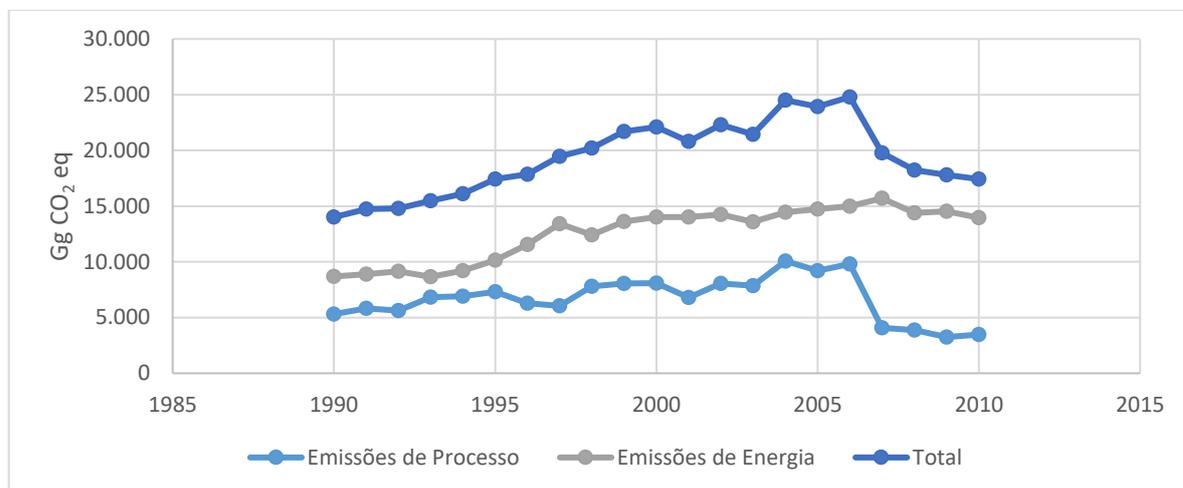


Figura 23: Emissões de GEE do subsetor químico

Fonte: MCTI (2015).

Quanto aos potenciais de abatimento de opções tecnológicas da indústria química, o setor químico no Brasil é vulnerável do ponto de vista de comércio exterior, pois se baseia fortemente em matéria-prima importada: a nafta, que é extremamente sujeita a variações no preço do óleo leve; e o gás natural. Este último é, também, importado pelo Brasil na forma liquefeita (GNL) atualmente em base spot, e é, ainda, afetado pelo uso em termelétricas a gás natural. As perspectivas de substituição da matéria-prima petroquímica nafta por gás é um anseio do setor químico, mas que enfrenta obstáculos associados aos investimentos e à própria competitividade do gás no Brasil. A transição para matérias-primas renováveis envolve de um lado vantagens comparativas do país, mas, de outro, investimentos de longo prazo e de alto risco, dentro de um setor no qual os grandes *players* atuais enfrentam falta de caixa livre para investir. Neste sentido, medidas incrementais que envolvem baixo investimento relativo, como substituição de queimadores para reposição, controle avançado de processos, entre outras, parecem mais factíveis no curto prazo que está associado à NDC brasileira.

3.3 CIMENTO, CAL E VIDRO

Em relação ao subsetor cimento, cal e vidro, cada segmento apresenta um consumo energético, perfil de emissões e respectivas medidas de abatimento próprios. A produção de cimento é um processo energético-intensivo, o que resulta em emissões de dióxido de carbono não só pelo consumo de combustíveis, como também pela calcinação do calcário. Uma comparação entre as emissões de processo e as emissões de energia do subsetor de cimento (Figura 24) permite observar que há uma

tendência de crescimento das emissões até 2010. Logo, a aplicação de medidas de eficiência energética é altamente significativa para que estas emissões sejam reduzidas, assim como seus impactos ao meio ambiente.

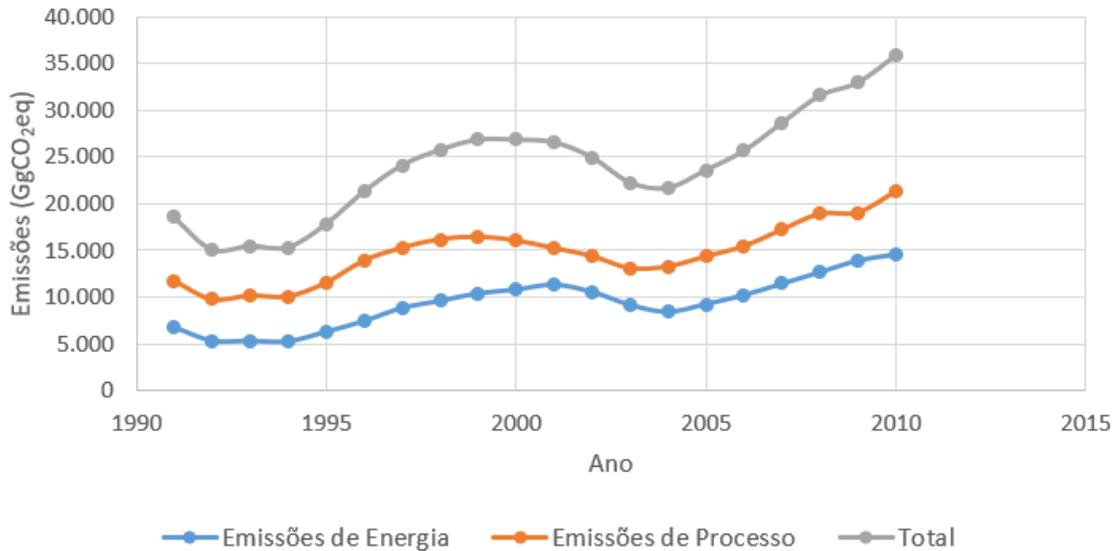


Figura 24: Emissões de GEEs do subsetor de Cimento

Fonte: MCTI (2015).

De maneira geral, o parque industrial de cimento no Brasil apresenta valores de eficiência energética altos quando comparado com o *benchmark* mundial, tanto no que tange o consumo de energia elétrica quanto térmica. Tal fato se dá, pois, o parque cimenteiro brasileiro é novo, não apresentando muita defasagem em relação às tecnologias mais avançadas. Entretanto, a adoção de algumas medidas de eficiência energética básicas como adoção de *Variable Speed Drivers* (VSDs) e sistemas de controle mais modernos ainda possui potencial de aplicação. A adoção de medidas disruptivas pode apresentar maiores potenciais de abatimento, mas está sempre associada a maiores barreiras e incertezas, principalmente em um parque industrial novo, onde grandes *retrofits* não são justificáveis. Além disso, é fundamental destacar que a maior parte das emissões desse subsetor está associada ao processo de produção de clínquer, dessa forma as medidas de mitigação de emissões que atuem nessa etapa do processo apresentam grandes potenciais. Sendo assim, medidas que envolvem a redução da fração clínquer/cimento no processo produtivo são extremamente importantes para o setor.

Dentre as medidas apresentadas²², é possível notar que a com maior capacidade de redução de emissões por unidade de clínquer produzido é a *Queima melhorada*. Essa medida apresenta (i) custos mais baixos, entre 0,4 e 2,1 USD por tonelada anual instalada de clínquer; (ii) maior potencial de redução no consumo de energia (0,115 GJ/t clínquer) e (iii) maior potencial de redução de CO₂

²² Vide Tabela C2 do Apêndice C.

produzido (11,11 kg CO₂/t clínquer). Essa análise é possível ao comparar tais valores aos de outras medidas com menor potencial de redução, como uso de Ciclones de baixa queda de pressão nos pré-aquecedores, que apresenta (i) custo: 13 USD por tonelada anual instalada de clínquer, (ii) potencial de redução no consumo de energia: menos de 0,0004 GJ/t clínquer e (iii) potencial de redução de CO₂: 0,02 kg CO₂/t clínquer. Sendo assim, à primeira vista, a opção de *Queima melhorada*, juntamente com a *Otimização do sistema* parecem boas opções de investimento para reduzir as emissões com custos moderados. Destaca-se ainda o potencial mitigatório das adições aos cimentos e das substituições de matéria-prima e combustível. Porém, o impacto real na indústria de cimento brasileira só pode ser observado com um estudo e modelagem aprofundada.

Em relação à produção de cal, muitas modificações foram introduzidas no processamento deste produto, buscando melhorar a sua reatividade e reduzir o consumo específico de energia (kcal/t de cal para o produto fabricado), com o uso de *recuperadores de calor, fornos de dupla ou tripla cubas de calcinação, fornos de leitos fluidizados, novas espessuras e/ou tipos de refratários ou isolantes, classificação granulométrica da carga do forno, controles do ar e da temperatura, necessários à calcinação* e outras (CNI, 2010). Além disso, de acordo com o gráfico abaixo (Figura 25), é possível perceber que as emissões de processo são mais relevantes em relação ao total de emissões deste subsetor.

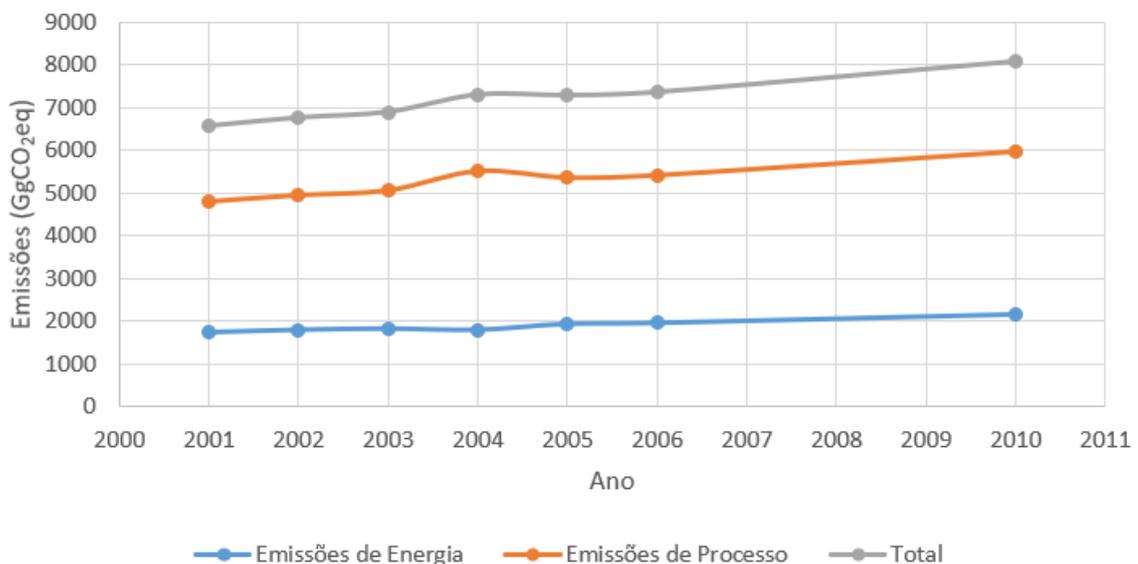


Figura 25: Emissões de GEEs do subsetor de Cal

Fonte: Elaborado pelo autor com base em CNI (2010).

Para o subsetor de cal, a tecnologia mais eficiente (BAT) no consumo de energia térmica é a empregada na calcinadora²³ da CSN. Seu consumo específico de energia térmica – 0,0704 tep/t – é inferior ao

²³ Equipamento no qual a Cal é tratada para a fabricação de cimento.

verificado nas melhores calcinadoras na União Europeia – 0,0860 tep/t. O consumo específico de energia elétrica correspondente ao BAT, no exterior, é de 0,0034 tep/t (CNI, 2010). Além disso, observa-se que simples substituição da produção de cal em fornos artesanais de baixa escala por fornos verticais indica a opção de mitigação mais clara e com maior potencial no Brasil. Entretanto, o caráter heterogêneo da produção de cal no país impede a implementação desta medida em boa parte dos produtores nacionais.

No que concerne à produção de vidro, segundo a Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (MCTI, 2015) as emissões no processo de produção de vidro atingiram, em 2010, o total de apenas 114 GgCO₂. As emissões de energia não puderam ser obtidas diretamente da TCN nem tampouco indiretamente dos dados do Balanço Energético Nacional, onde o setor de produção de vidros não é detalhado. Logo, uma metodologia semelhante à apresentada para o setor de cal foi aplicada: sabendo a produção de vidro dos anos consequentes (2007 até 2010) foi possível extrapolar o consumo de energéticos fazendo uso da base de dados histórica. Finalmente, fazendo-se uso dos fatores de emissão de cada energético foi possível determinar o perfil de emissões de energia no subsetor de vidro (Figura 26).

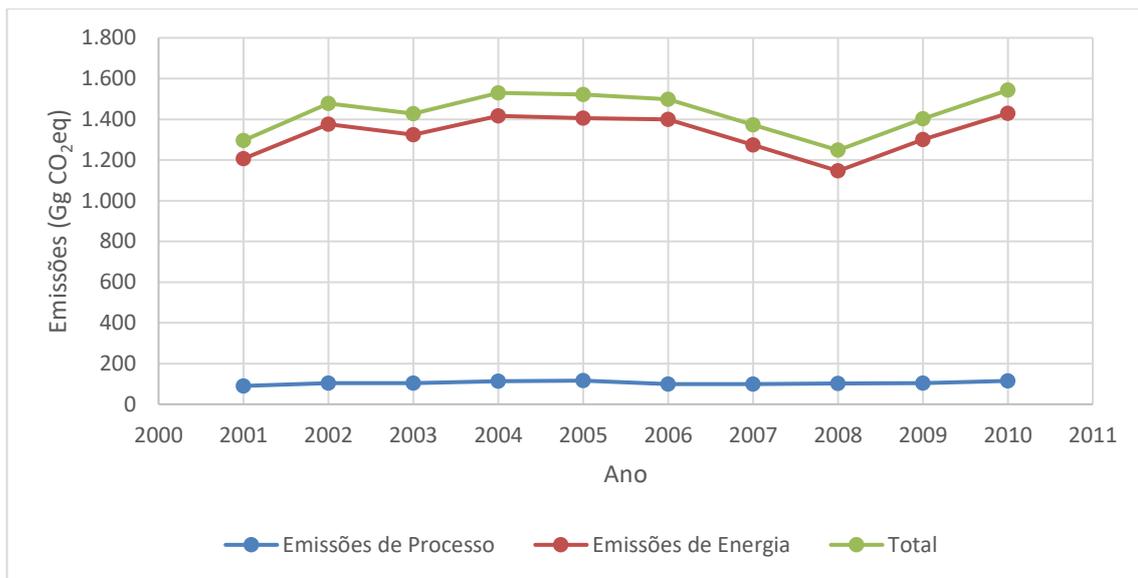


Figura 26: Emissões de GEE do subsetor de vidro²⁴

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em CNI (2010) e MCTI (2015).

De acordo com o *Institute of Industrial Production* (IIP, 2015), a adoção das melhores tecnologias no subsetor industrial de vidro pode trazer ganhos de 40% na utilização dos recursos energéticos em países em desenvolvimento. Dentre elas estão o *batching* seletivo, para o qual os primeiros resultados indicam que o tempo de fusão pode ser reduzido em 50%, resultando em economia de combustível de

²⁴ O gráfico para o setor de vidro é diferente dos apresentados para os outros setores devido à limitação de dados.

20-33% (Worrell et al., 2008); os *fornos de ponta*, que oferecem maior eficiência energética e menores custos de investimento em comparação com os *fornos de queima cruzada*; *fornos verticais* que proporcionam um aumento de taxa de pureza de 50%, sem afetar as emissões ou a química do vidro, mas reduzindo defeitos; *fornos oxy-fuel*, nos quais as economias de energia podem ser superiores a 50% e os custos de capital 20% mais baixos comparados com os fornos de recuperação, e 30-40% mais baixos comparados aos fornos regenerativos; a *recuperação de calor do forno*, na qual, em muitos casos, a quantidade de energia recuperável é baixa para a geração eficiente de energia e queima suplementar pode ser necessária para gerar vapor superaquecido para acionar turbinas; os *fornos regenerativos*, os quais recuperam a energia dos gases de combustão de forma mais eficiente e podem reduzir a intensidade energética do forno; *fornos com recuperação*, que proporcionam uma melhor uniformidade de temperatura, uma vez que estão livres das flutuações de temperatura dos verificadores (checkers) de fornos regenerativos; *variadores de velocidade em compressores de ar*, que podem economizar 15% do consumo anual de energia; e o *derretimento elétrico*, onde a eficiência térmica é de 2 a 4 vezes superior à dos fornos a gás. Adicionalmente, menciona-se que a utilização de caco é uma outra técnica disponível para a diminuição das emissões de GEE, uma vez que há redução direta nas emissões de processos oriundas da calcinação e que sua utilização requer menor energia de fusão. Entretanto, ainda há a necessidade de políticas públicas de incentivo à logística reversa e à recuperação deste material.

3.4 ALUMÍNIO

O subsetor de alumínio atingiu, em 2010, o total de emissões de 7.410 GgCO_{2eq}, sendo que, aproximadamente, 50% das emissões foram causadas pelo processo industrial e 50% pelo consumo energético (Figura 27).

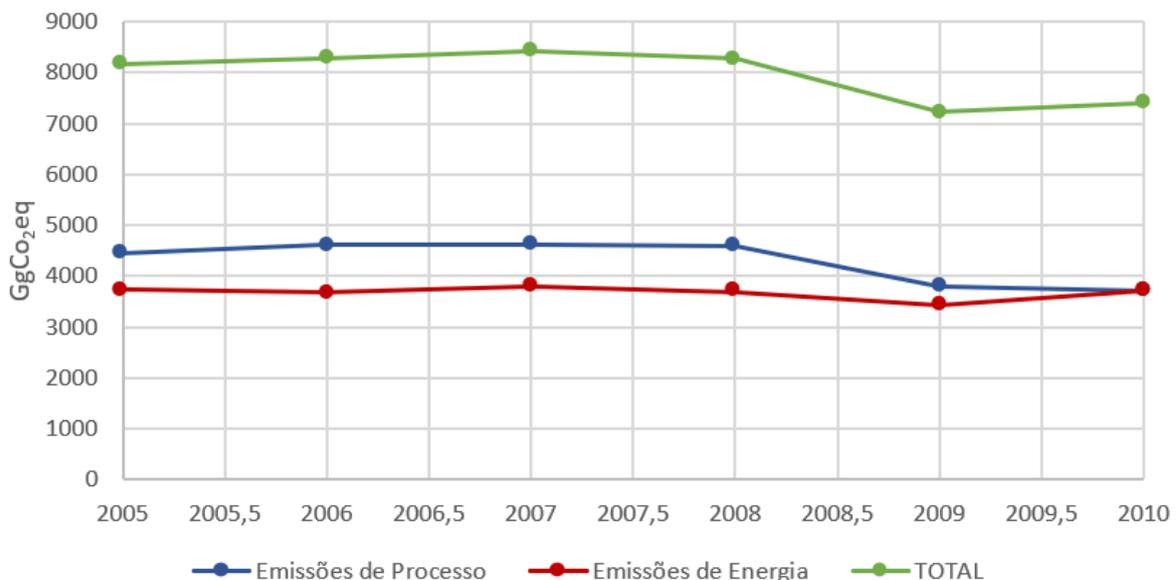


Figura 27: Emissões de GEE do setor de alumínio (GgCO₂eq)

Fonte: MCTI (2015).

No Brasil o tipo de tecnologia utilizada varia de planta para planta. A participação da tecnologia *Soderberg* na produção de alumínio primário no Brasil é de 40% do total, e a participação da tecnologia *Prebake* (ou anodos pré-cozidos) de 60%. O consumo específico da tecnologia *Soderberg* no Brasil é em média 59,76 GJ de energia elétrica por tonelada de alumínio primário, e o consumo específico da tecnologia *Prebake* 51,55 GJ de energia elétrica por tonelada de alumínio primário produzido (ABAL, 2011). Com esses valores, verifica-se que a substituição de *smelters* do tipo *Sodeberg* para *Prebake* já poderia significar uma redução considerável no consumo de energia no setor, uma vez que aproximadamente 40% da produção total opera com fornos *Sodeberg*, os quais são cerca de 15% menos eficientes que os *Prebake*. É interessante destacar, portanto, que se observa uma tendência no país de substituição de processos *Sodeberg* para *Prebakes* no país, indicando que o setor de alumínio no Brasil segue a tendência mundial de utilizar mais a rota com menor consumo energético, isto é, mais eficiente, apesar de a proporção de *Prebake* estar ainda consideravelmente inferior à proporção média mundial.

Quanto às tecnologias com potencial para redução das emissões e aumento da eficiência energética no Brasil²⁵, conforme o estudo “Opções de Mitigação”, deve-se ressaltar que a seleção das melhores tecnologias de controle disponíveis depende de uma análise integrada, pois determinadas medidas podem fazer com que a adoção de outras seja inviável, não existindo uma superposição dos ganhos mensurados para cada medida de mitigação. Portanto a identificação das tecnologias de controle mais recomendadas é um processo de otimização complexo. Entretanto, a seguir apresentam-se dois exemplos de medidas que poderiam ser utilizadas praticamente para o mesmo objetivo: redução da perda de energia e aumento da eficiência do processo, porém apresentam custos e potencial de redução do consumo de combustíveis distintos. Uma delas consiste no *Isolamento em Fornos*, com um custo de 0,5 US\$/t de alumínio e com um potencial de redução do consumo de combustíveis entre 2 a 5%. A outra medida é a *Recuperação de Calor*, com um custo de 10 US\$/t alumínio e um potencial de redução do consumo de combustíveis entre 10 e 30%. Ressalta-se que os valores apresentados não são absolutos e sua real dimensão deve ser avaliada dentro do contexto específico em que as medidas forem introduzidas.

²⁵ Vide Quadro C2 e Tabela C5 do Apêndice C.

3.5 FERRO E AÇO

O subsetor industrial de Ferro-Gusa e Aço apresenta os maiores índices de emissões de processo entre os subsetores analisado, atingindo em 2010 o valor 38.360 GgCO_{2eq}, e um total (emissões de processo e de energia) de 45.351 GgCO_{2eq} Figura 28.

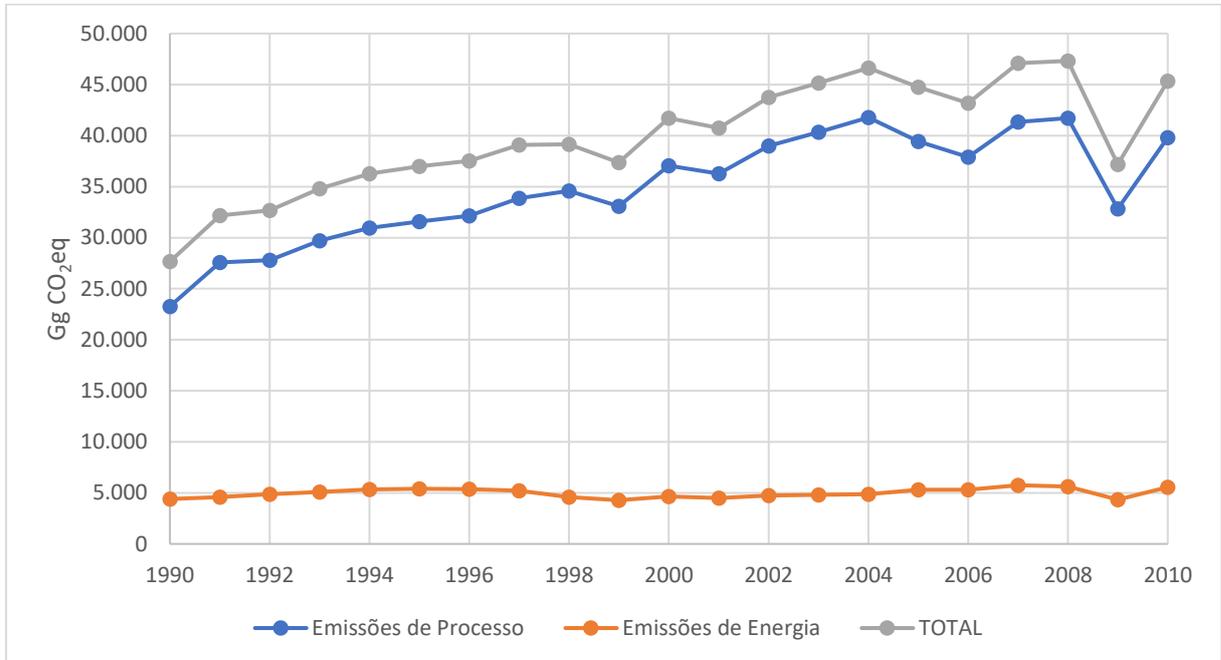


Figura 28: Emissões de GEEs do subsetor de Ferro e Aço

Fonte: Elaborado pelo autor com base em CNI (2010).

Em relação às medidas de abatimento para este subsetor²⁶, medidas mais simples, e de menor impacto, como medidas básicas de gestão energética e sistemas de monitoramento, uso de sistemas de manutenção preventiva, adoção de *drivers* de velocidade variável para motores, podem ser estimuladas para a redução dos custos de produção. Entretanto, deve-se sempre levar em conta as limitações financeiras para investimento próprio que as empresas do setor enfrentam atualmente. Já medidas mais capital intensivas, como adoção de CDQs (*coke dry quenching*), sistemas de controle da umidade, turbinas de topo (TRT) e recuperação de calor para produção de eletricidade, em geral não apresentam retornos rápidos e demandam linhas de financiamento incentivadas, reduzindo, portanto, sua taxa de penetração na indústria.

²⁶ No Apêndice C, a Tabela C3 mostra as economias relativas à implementação de cada BAT disponível para a rota de usinas integradas, seus custos de investimento e de operação e a Tabela C4 são apresentadas as BATs em rotas de usinas semi-integradas operando com Fornos Elétricos a Arco (FEAs).

4 MAPEAMENTO DE POLÍTICAS E INSTRUMENTOS SETORIAIS

Este capítulo é dividido nos cinco seguintes grupos de políticas identificados no relatório principal, os quais são analisados a partir de seus respectivos instrumentos: (i) políticas de estímulos setoriais, (ii) políticas de uso racional de recursos, (iii) política tributária, (iv) políticas para o clima e (v) política ambiental com ênfase em controle de emissões atmosféricas²⁷.

4.1 POLÍTICA DE ESTÍMULOS SETORIAIS

A política de estímulos setoriais apresenta efeitos de primeira ordem diretos sobre os subsetores da indústria brasileira. Dessa forma, são analisadas as políticas e os instrumentos já existentes no Brasil que têm como objetivo primeiro promover um dado subsetor específico, por exemplo, por meio das políticas de apoio a PD&I e financiamento à indústria, de compras governamentais, de conteúdo local, dentre outras.

O estímulo setorial de que trata este capítulo objetiva metas *per se* de estímulo a um determinado setor, que se justificam em aspectos como comércio internacional, geração de renda e emprego, aumento de competitividade industrial, desenvolvimento local, etc. Assim, o **objetivo** da política de estímulos setoriais seria promover o crescimento de um determinado subsetor industrial específico, por meio de instrumentos como os programas de financiamento do BNDES, das compras governamentais, das Políticas de Conteúdo Local e da Lei Kandir, por exemplo. Diferencia-se da Política de Uso Racional dos Recursos, pois apresentam efeitos de primeira ordem²⁸, ao invés de impactos mais transversais.

Relativamente às compras governamentais, destaca-se o subsetor de cimento, uma vez que foram utilizadas diretamente para a execução dos projetos de infraestrutura social, urbana, logística e energética do país em consequência do estabelecimento do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Porém, no âmbito da FINEP e do BNDES, há destaque para química, subsetor para o qual foi estabelecido o Programa de Desenvolvimento e Inovação da Indústria Química (PADIQ). Esta foi uma iniciativa conjunta da FINEP e do BNDES com o objetivo de oferecer apoio a projetos que promovam o desenvolvimento tecnológico e o investimento na fabricação de produtos químicos.

²⁷ A metodologia usada para o mapeamento das políticas setoriais existentes e a identificação e descrição de instrumentos de política encontra-se no Apêndice D.

²⁸ Aqui, entende-se que efeitos de primeira ordem são aqueles gerados diretamente pela política, são os impactos diretos causados nos subsetores para os quais a política foi projetada. Estes efeitos são diferentes dos efeitos transversais, que ocorrem indiretamente, como consequência dos efeitos de primeira ordem, naqueles envolvidos de alguma maneira com os beneficiários diretos da política.

No Quadro 1 são apresentados os principais instrumentos da política de estímulos setoriais, e a coluna *Comentários* tece observações sobre os instrumentos. As demais seções deste capítulo também utilizam esta metodologia.

Quadro 1: Instrumentos da Política de Estímulos Setoriais

Instrumentos	Comentários
Políticas de Apoio a PD&I e Financiamento à Indústria	Apoio a PD&I e financiamento à indústria com o objetivo de estimular o crescimento de setores econômicos. Foco em apoio da FINEP e do BNDES. Algumas barreiras tecnológicas e de mercado que podem impedir o sucesso do instrumento são dificuldade de acesso ao crédito e falta de mão-de-obra especializada.
Investimentos Públicos	Os benefícios desse instrumento podem ser resumidos como a indução de uma demanda por produtos com tecnologias mais avançadas, menor impacto socioambiental e a redução do risco inerente às atividades de P&D no país. Como exemplo, podem-se destacar investimentos em política habitacional, que apresentam efeitos indiretos ao estimular o setor de cimento, tendo como exemplos o Programa de Aceleração de Crescimento (PAC) e o Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), além de investimentos relacionados ao pré-sal, fomentando setores ligados aos fósseis.
Política de Conteúdo Local	O Conteúdo Local (CL) refere-se à proporção dos investimentos nacionais aplicados em um determinado bem ou serviço. O CL corresponde, portanto, à parcela de participação da indústria nacional na produção desses bens ou serviços. Exemplos no Brasil: <i>upstream</i> de óleo e gás e turbinas eólicas. Algumas barreiras tecnológicas e de mercado que podem impedir o sucesso do instrumento são falta de corpo técnico capacitado e variação do preço das <i>commodities</i> .
Estímulos ao Setor de Papel e Celulose	Plano Especial de Obras Públicas e Aparelhamento da Defesa Nacional; Plano de Metas no governo Juscelino Kubitschek; Primeiro Programa Nacional de Papel e Celulose (I PNPC) e Segundo Programa Nacional de Papel e Celulose (II PNPC) no governo Geisel; política de incentivos fiscais de 1966 (Lei Nº 5.106); fixação pelo BNDES de níveis mínimos de escala de produção; e fixação pelo Conselho de Desenvolvimento Econômico (CDE) de novos níveis mínimos de escala de produção. Algumas barreiras tecnológicas e de mercado que podem impedir o sucesso do instrumento são dificuldade de acesso ao crédito, resistência à substituição das práticas produtivas, falta de pessoal capacitado e taxa de câmbio.

Fonte: Elaboração própria.

4.2 POLÍTICA DE USO RACIONAL DE RECURSOS

Estimular o uso racional de recursos é indispensável ao desenvolvimento econômico e social do país. Observa-se, nesse sentido, que, desde o início dos anos 1980, diversas iniciativas no Brasil vêm buscando promover normas e padrões de eficiência energética, por exemplo. Assim, discussões no Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) levaram à criação, por exemplo, do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), em 1984, do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), em 1985, cuja gerência fica a cargo da Eletrobrás, do Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás (Conpet), de responsabilidade da Petrobras em 1991, e do Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE) em 1992 (LEITE, 2013).

Como objetivo da política em questão, tem-se o estímulo a políticas de uso racional dos recursos no país, com foco no setor industrial, a partir dos incentivos aos programas governamentais, aos investimentos em P&D para eficiência energética e aos programas de financiamento do BNDES.

No Quadro 2 são apresentados os principais instrumentos da política de uso racional dos recursos, e os *Comentários* sobre os instrumentos.

Quadro 2: Instrumentos da Política de Uso Racional de Recursos

Instrumentos	Comentários
Programas Governamentais	O Brasil possui, há pelo menos três décadas, programas de uso racional de recursos, dentre eles: Procel, Conpet, PNRS, Logística Reversa, ISO 14.040, PNRH, dentre outros. Algumas barreiras tecnológicas e de mercado que podem impedir o sucesso do instrumento são falta de corpo técnico capacitado.
Investimento em P&D para Eficiência Energética	As concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica devem aplicar, anualmente, os percentuais mínimos de 0,5% tanto para pesquisa e desenvolvimento como para programas de eficiência energética na oferta e no uso final da energia. Algumas barreiras tecnológicas e de mercado que podem impedir o sucesso do instrumento são falta de corpo técnico capacitado e acesso ao crédito.
Programas de Financiamento do BNDES	Principais linhas de financiamento: BNDES Eficiência Energética (antigo PROESCO), BNDES Finem – Eficiência Energética e BNDES Finame. Algumas barreiras tecnológicas e de mercado que podem impedir o sucesso do instrumento são falta de recursos financeiros e de acesso ao crédito.

Fonte: Elaboração própria.

4.3 POLÍTICA TRIBUTÁRIA

No contexto da política tributária, deve-se considerar a necessidade de o setor público gerar recursos para se financiar, pois nenhuma instituição existe sem recursos, nem mesmo o Estado (Cavalcanti, 2011). Nesse sentido, a principal fonte de receita do governo é a arrecadação mediante tributos²⁹.

Assim, os tributos permitem garantir patamares mínimos de investimento público que permitam a implementação de políticas sociais redistributivas de longo prazo e compensatórias de curto e médio prazo, como forma de melhorar não só as condições de vida dos diversos segmentos populares, como também diminuir as enormes discrepâncias entre os índices sociais em determinados países (MUSGRAVE & MUSGRAVE, 1980).

A suficiência dos tributos, sob a ótica da geração dos recursos necessários para o atendimento das responsabilidades do Estado, é afetada pelas limitações macroeconômicas associadas à sustentação do equilíbrio fiscal, exigindo esforços crescentes para aumentar a eficiência da administração pública de modo a manter a carga tributária total nos limites da capacidade de pagamento dos agentes. Mais

²⁹ Além dos tributos, os governos podem cobrar por serviços específicos (taxas administrativas), vender bens e serviços (estatais) ou obter recursos via títulos públicos ou empréstimos.

recentemente esta dinâmica se tornou ainda mais complexa a partir das discussões sobre a criação de um imposto sobre o carbono na economia brasileira no contexto da política climática nacional.

No âmbito das políticas tributárias relacionadas aos subsetores industriais e, de algum modo, às mudanças climáticas, tem-se que seu objetivo é direcionar o comportamento dos agentes econômicos ao consumo/produção de bens/serviços menos carbono-intensivos, a partir de medidas tributárias.

No Quadro 3 são apresentados os principais instrumentos da política tributária que se relacionam ao setor industrial e os comentários sobre esses instrumentos.

Quadro 3: Instrumentos da Política Tributária

Instrumentos	Comentários
Tributos para Mitigação da Mudança do Clima	<p>Destaca-se ainda que o processo de Reforma Tributária, ora em discussão no Congresso Nacional, oferece uma oportunidade única à introdução de instrumentos tributários voltados à consecução dos objetivos de política ambiental. Nesse sentido, pode destacar inúmeras possíveis oportunidades, por exemplo, não há regime tributário específico para papel e celulose, vidro e cal, além de ter havido redução a zero da alíquota de PIS/Pasep e COFINS para diversos tipos de papéis (vigentes até o ano passado). Destaca-se ainda a necessidade de a política tributária estar alinhada ao tema de precificação (por exemplo, conflito da redução do IPI para automóveis, incentivando a compra de carros).</p> <p>Algumas barreiras tecnológicas e de mercado que podem impedir o sucesso do instrumento são, principalmente, variações cambiais.</p>
Lei Kandir	<p>Isenção do pagamento de ICMS sobre as exportações de produtos primários e semielaborados ou serviços, além do aproveitamento de crédito para aquisição tanto de ativo imobilizado de uso quanto de energia elétrica.</p> <p>Algumas barreiras tecnológicas e de mercado que podem impedir o sucesso do instrumento são, de igual forma, variações cambiais, além de barreiras tarifárias</p>

Fonte: Elaboração própria.

4.4 POLÍTICAS PARA O CLIMA

Esta seção enfatizará políticas ambientais com foco nas emissões brasileiras de GEE. O Protocolo de Quioto, de 1997, estabeleceu obrigações quantificadas de limitação ou redução de emissões para os países industrializados, relacionados no Anexo I³⁰ da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC). De acordo com a Convenção, os países Anexo I e os países não-Anexo I têm diferentes obrigações em relação à mudança do clima. O objetivo comum, contudo, foi um futuro em que o desenvolvimento se baseie em soluções menos intensivas em carbono, com base em critérios

³⁰ Os países Anexo I, signatários do Protocolo de Quioto e da convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, têm como compromisso calcular e informar as emissões anuais de GEE através de um inventário de emissões. Já os países em desenvolvimento (não-Anexo I) não apresentam compromissos mandatórios, porém devem submeter um documento intitulado “Comunicação Nacional” contabilizando todas as suas emissões de GEE (também um inventário de emissões) por fontes e remoção de sumidouros.

de sustentabilidade, o que requereria investimentos dos países desenvolvidos nos países em desenvolvimento, bem como transferência de tecnologias.

Dessa forma, o Brasil, de acordo com o regime da Convenção, não teria obrigações quantificadas de limitação ou redução de emissões de GEE. Contudo, o país desde então vem atuando de forma relevante na agenda da mudança do clima. Desde 1992, quando foi sede da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO 92 ou Rio 92), é cada vez mais evidente o comprometimento do Brasil em relação às mudanças climáticas (SEROA DA MOTTA, 2011; MCKINSEY & COMPANY, 2009). No âmbito da Convenção, por exemplo, o Brasil é responsável por numerosas iniciativas importantes, tais como a execução de diversos projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), além de desenvolver programas e iniciativas governamentais de combate ao desmatamento e de incentivo à eficiência energética. Ratificando o compromisso do Brasil em relação às mudanças climáticas, no Acordo de Paris, o Brasil se comprometeu voluntariamente, por meio de sua NDC, a atingir metas absolutas de redução de emissões.

As políticas para o clima, aqui tratadas, possuem como **objetivo** a redução das emissões de GEE visando a atender os compromissos da PNMC e, mais recentemente, da NDC brasileira. É necessário discutir metas e financiamento para o alcance das políticas e planos.

No Quadro 4 são apresentados os principais instrumentos das políticas para o clima que se relacionam ao setor industrial e os comentários sobre esses instrumentos.

Quadro 4: Instrumentos das Políticas para o Clima

Instrumentos	Comentários
Plano Nacional sobre Mudança do Clima	O Plano inclui quatro grandes temas: mitigação; vulnerabilidade, impacto e adaptação, pesquisa e desenvolvimento e; fomento de capacidades e divulgação.
Fundo Nacional sobre Mudança do Clima	Recursos para apoio a projetos ou estudos e financiamento de empreendimentos que visem à mitigação da mudança do clima e à adaptação à mudança do clima e aos seus efeitos. Algumas barreiras tecnológicas e de mercado que podem impedir o sucesso do instrumento são a oferta de crédito e a dificuldade de acessá-lo por parte dos agentes.
Política Nacional sobre Mudança do Clima	Metas quantitativas de redução de emissão de GEE para: mudança de uso da terra, energia, agropecuária e processos industriais e tratamentos de resíduos. No entanto, não há um detalhamento a nível de subsetor da indústria. Algumas barreiras tecnológicas e de mercado que podem impedir o sucesso do instrumento são lobbies setoriais, falta de capacitação técnica e elevado custo de algumas tecnologias de mitigação de emissão de GEE.
Plano Indústria	Objetiva preparar a indústria nacional para o cenário futuro, no qual a produtividade-carbono será tão importante quanto a produtividade do trabalho e dos demais fatores para definir a competitividade internacional da economia. Contudo, apresenta caráter protecionista com maior ênfase na garantia da competitividade do que nos ganhos de produtividade. Algumas barreiras tecnológicas e de mercado que podem impedir o sucesso do instrumento são questões regulatórias e capacitação técnica.

Instrumentos	Comentários
Plano Siderurgia	Busca subsidiar a elaboração de políticas públicas de incentivo à utilização do carvão vegetal sustentável, oriundo de florestas plantadas, para uso na siderurgia, para: promover a redução de emissões, evitar o desmatamento de floresta nativa e incrementar a competitividade brasileira da indústria de ferro e aço no contexto da economia de baixo carbono. Algumas barreiras tecnológicas e de mercado que podem impedir o sucesso do instrumento seriam a falta de corpo técnico para capacitado para implementá-lo.
NDC brasileira	Reduzir de 37% nas emissões de GEE em 2025 (equivalente à emissão de 1.346 milhões tCO ₂ e), e de 43% em 2030 (equivalente à emissão de 1.208 milhões tCO ₂ e), com base nos níveis registrados em 2005. Algumas barreiras tecnológicas e de mercado que podem impedir o sucesso do instrumento são o lobby de alguns setores, além da dinâmica do comércio internacional.

Fonte: Elaboração própria.

4.5 POLÍTICA AMBIENTAL COM ÊNFASE EM CONTROLE DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

Esta política tem como foco controlar as emissões de poluentes atmosféricos de fontes fixas e com abrangência de impacto local (NO_x, SO_x, MP – Material Particulado). Neste caso, diferentes instrumentos poderiam ser usados isoladamente ou de forma combinada, tais como padrões associados a tecnologias (tanto para controle de emissão quanto para o processo industrial – normalmente denominadas como *BAT*), padrões de emissão de poluentes (associados a uma concentração na exaustão associada à fonte fixa), mercados de emissões, tributação de emissões, etc. O Brasil utiliza o instrumento de comando e controle de padrões de emissão de fontes fixas.

Segundo MMA (2017), no Governo Federal, a instância regulamentadora das emissões atmosféricas é o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que por meio de suas resoluções determina os limites máximos de emissões de poluentes para fontes fixas, como caldeiras a gás natural, óleo combustível e biomassa, e processos industriais, siderurgia, celulose, fertilizantes, vidro, etc.

Ainda de acordo com MME (2017), esta última Resolução induziu uma revolução tecnológica no Brasil, sendo uma das medidas de maior impacto ambiental que o CONAMA aprovou nos últimos anos, trazendo uma profunda mudança tecnológica ao nosso parque industrial e diminuindo de forma expressiva as emissões destas indústrias, que por serem as mais antigas, são justamente as que se localizam dentro das áreas urbanas mais consolidadas, com maior impacto poluidor.

De maneira geral, o controle das emissões atmosféricas como parte da política ambiental é alinhado com objetivos de redução de emissões de gases de efeito estufa. Usualmente medidas de controle de NO_x aumentam a eficiência dos queimadores e ajudam o controle de emissões de CO₂. O controle de MP também pode se basear no ajuste da razão Ar/Combustível, com benefícios para mitigação. No caso de SO_x, ainda que o seu controle viabilize no futuro a adoção de captura de carbono baseada em aminas, ela representa um consumo parasítico nas plantas industriais. Logo, pode levar a maiores emissões de CO₂.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma análise dos setores aqui considerados indica que há uma ampla diferença no nível de exposição a um mecanismo de precificação de carbono. Em especial, buscou-se avaliar em que medida o setor está exposto ao comércio internacional, qual a margem para repasse de custos ao consumidor e em que grau um custo afundado de carbono (ou seja, sem qualquer mecanismo de ajuste ou reciclagem da precificação) pode impactar os setores estudados.

O efeito de um mecanismo de precificação de carbono, entretanto, irá depender de sua configuração. As diferentes modalidades de instrumento de carbono podem prejudicar ou beneficiar os diferentes setores em maior ou menor grau. Portanto, a continuidade do trabalho, através do Produto 4, se dará no sentido de realizar um detalhamento das atividades de elaboração de recomendações para o desenvolvimento de cenários de instrumentos de precificação de emissões, isolados ou combinados, e eventuais ajustes nos instrumentos de política setorial existentes no Brasil. Para tal, a primeira etapa do produto seguinte terá como objetivo:

- Avaliar o impacto dos objetivos das políticas existentes sobre a competitividade dos segmentos industriais analisados, sobre o poder de compra do consumidor final e sobre as emissões nacionais de GEE, segundo os diferentes instrumentos das políticas
- Avaliar o efeito de políticas de precificação de carbono sobre os objetivos das políticas já existentes;
- Identificar as interações entre instrumentos de precificação de carbono e de políticas públicas para subsetores da Indústria, conforme diagnóstico elaborado em etapa anterior deste projeto;
- Propor medidas corretivas e/ou de compatibilização de instrumentos entre políticas existentes e instrumentos de precificação de carbono.

As etapas expostas acima, por fim, devem subsidiar o objetivo último do projeto, qual seja, detalhar as atividades de elaboração e fazer recomendações para o desenvolvimento de arranjos de instrumentos de precificação de emissões, isolados ou combinados, e eventuais ajustes nos instrumentos de política setorial existentes no Brasil. Para tal, duas análises principais serão realizadas. Na primeira, deve-se avaliar os quadros e arranjos institucionais para instrumentos de precificação de carbono no Brasil com foco em mecanismos de tributação e mercados de carbono, a partir de um viés econômico, passando pela compreensão dos papéis das diferentes instituições envolvidas, bem como pelo quadro legal e regulamentar no Brasil. Já na segunda, a partir das análises e discussões sobre os possíveis arranjos institucionais realizadas anteriormente, diferentes propostas de precificação de carbono para cada setor analisado devem ser propostas e comparadas. Esses desenvolvimentos encerram o primeiro componente do projeto PMR, no que diz respeito à análise do setor industrial.

6 REFERÊNCIAS

- ABAL., 2011. Associação Brasileira do Alumínio.
- ABIQUIM, 2010. Pacto nacional da indústria química. Associação Brasileira da Indústria Química. São Paulo, 2010.
- ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química, 2016. *O desempenho da indústria química brasileira em 2016*. Associação Brasileira da Indústria Química. São Paulo, 2016.
- BAIN&COMPANY, 2014. Estudo do potencial de diversificação da indústria química brasileira: Relatório final. Bain & Company, São Paulo, 2014.
- BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2010. Panorama de mercado: celulose. BNDES Setorial 32, p. 311-370. Brasília, DF.
- BRASIL, 2009a. *Lei Nº. 12.114, de 9 de dezembro de 2009 – Cria o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, altera os arts. 6o e 50 da Lei no 9.478, de 6 de agosto de 1997, e dá outras providências*. Brasília.
- _____, 2009b. *Lei Nº. 12.187, de 29 dezembro de 2009 – Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) e dá outras providências*. Brasília.
- _____, 2015. *Fundamentos para a elaboração da Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (iNDC) do Brasil no contexto do Acordo de Paris sob a UNFCCC*. Brasília.
- BRASIL, MCTI, 2016. *Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2019 (ENCTI)*.
- BRASKEM, 2016. *Relatório Anual 2015*. Braskem, Brasil, 2016
- CARDOSO, J. G. R.; CARVALHO, P. S. L.; FONSECA P. S. M.; SILVA, M. M.; ROCIO, M.,A. R., 2011. A indústria do alumínio: estrutura e tendências. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.33 , p. 43-88, Março de 2011.
- CAVALCANTI, M. C. B., 2011. Tributação relativa etanol-gasolina no Brasil: competitividade dos combustíveis, arrecadação do estado e internalização de custos de carbono. *Tese PPE/COPPE/UFRJ*. Rio de Janeiro.
- CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável, 2017. *Oportunidades e desafios da NDC brasileira para o setor empresarial brasileiro – Setor Industrial*. Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro.
- CNI – Confederação Nacional da Indústria, 2010. *Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria: setor papel e celulose*. Brasília.
- CNQ, 2015. *Panorama Setor de Vidro*. Confederação Nacional do Ramo Químico, 2015.
- DNPM, 2017. *Publicações - Sumário Mineral 2009 - 2015*. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/acervo/publicacoes>. Departamento Nacional de Produção Mineral, Brasília, 2015. Acesso em 04/2017.
- EPA., 2012. *Available and emerging technologies for reducing greenhouse gas emissions from the iron and steel industry*. United States Environmental Protection Agency.
- EPE - Empresa de Planejamento Energético, 2014. *Nota técnica de 12/14 Cenário econômico 2050. Série Estudos Econômicos*. Rio de Janeiro/RJ.

HADDAD, E.; DOMINGUES, E., 2016. EFES – Um modelo aplicado de equilíbrio geral para a economia brasileira: Projeções setoriais de 1999-2004, Estudos Econômicos 31(1): 89-125.

HENRIQUES Jr., M. F., 2010. Potencial de Redução de Emissão de Gases de Efeito Estufa pelo Uso de Energia no Setor Industrial Brasileiro – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE.

IBGE, 2014. Cadastro Central de Empresas. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/cempre/quadros/brasil/2014>.

IBGE, 2015. Matriz insumo-produto: Brasil 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/matrizinsumo_produto/2010/default.shtm.

IEA, 2014. *Roadmap de Tecnologia: Reduções de energia e GEE na indústria química via processos catalíticos*. Paris, France.

IIP, 2015. Institute for Industrial Productivity. Acesso em Agosto de 2015, disponível em Industrial Efficiency Technology Database: <http://ietd.iipnetwork.org/>

J. MENDO, 2009. O perfil da Cal – Contrato no48000.003155/2007-17 Desenvolvimento de estudos para elaboração do plano duodenal (2010 – 2030) de geologia, mineração e transformação mineral: Ministério de Minas e Energia, Banco Mundial e J.Mendo Consultoria, 2009.

KERMELI, K.; WEER, P.-H.; CRIJNS-GRAUS, W. W., 2014. *Energy Efficiency Improvement and GHG abatement in the global production of primary aluminium*.

KUPFER, D.; HASENCLEVER, L.; ANTUNES, A., 2006. Nota técnica: setor químico, estudos prospectivos setoriais temáticos: módulo 4, estudo da dimensão territorial do PPA. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos.

LEITE, A. D., 2013. *Eficiência e desperdício da energia no Brasil*. Elsevier Editora. Rio de Janeiro.

MCKINSEY & COMPANY, 2009. *Caminhos para uma Economia de Baixa Emissão de Carbono no Brasil*.

MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2015. TERCEIRO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE EMISSÕES E REMOÇÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA.

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016a. *3ª Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas – Volume II*. Brasil, Governo Federal, Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento, Brasília.

_____, 2016b. Cenários Integrados de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa para o Brasil até 2050 – Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa em Setores-Chave do Brasil. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0240/240525.pdf>. Acessado em: 18 abr. 2017.

_____, 2017. *SIRENE – Sistema de Registro Nacional de Emissões. Emissões de dióxido de carbono por setor*, Brasília.

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, 2013. *Plano Setorial de Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Indústria de Transformação*. Brasil, Governo Federal, Brasília.

MMA – Ministério do Meio Ambiente, 2008. *Plano Nacional sobre Mudança do Clima*. Brasil, Governo Federal, Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima, Brasília.

_____, 2011. *Fundo Nacional sobre Mudança do Clima. Relatório 2011*. Brasília, dez-2011.

_____, 2014. *Fundo Nacional sobre Mudança do Clima. Relatório 2014*. Brasília, dez-2014.

_____, 2017. Fontes Fixas. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/fontes-fixas>>. Acesso em: 20 mai. 2017.

MME – Ministério de Minas e Energia, 2012. Anuário estatístico do setor de transformação de não-metálicos, parte 2 2011 - Vidros. Ministério de Minas e Energia. Brasília, 2012.

NOVELIS, 2017. Newsroom. Disponível em: <http://news.alcoa.com/>. Acesso em: 09/2017

MONTEBELLO, A. E. S.; BACHA, C. J. C., 2013. Análise do processo de configuração desigual do setor de celulose e papel no Brasil. *PESQUISA & DEBATE*, SP, volume 23, número 2 (44) pp. 267-294.

MOREIRA, M.; VARGAS, E., 2009. O papel das compras governamentais na indução de inovações. *Contabilidade, Gestão e Governança*, vol. 12, n. 2, p. 35-43.

MUSGRAVE, R.; MUSGRAVE, P., 1980. *Finanças Públicas: Teoria e Prática*. Editora Campos, tradução: Braga, N.

ROCHEDO, P. R. R., 2015. Integrando a modelagem energética e a modelagem econômica (MESSAGE). Primeiro ciclo de atividades de capacitação do projeto “Opções de Mitigação de Emissões de GEE em Setores-Chave do Brasil”. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0239/239425.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2017.

SEROA DA MOTTA, R., 2011. A política nacional sobre mudança do clima: aspectos regulatórios e de governança. In: SEROA DA MOTTA *et al.* (Eds.) *Mudança do Clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios*, IPEA, Brasília.

SPEROTTO, F. Q., 2014. A expansão do setor de celulose de mercado no Brasil: condicionantes e perspectivas. *Indic. Econ. FEE*, Porto Alegre, v. 41, n. 4, p. 85-100.

WORRELL, E.; PRICE, L.; NEELIS, M.; GALITSKY, C.; NAN, Z., 2008. *World Best Practice Energy Intensity Values for Selected Industrial Sectors*. Berkeley: Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory.

APÊNDICE A - ANEXO METODOLÓGICO PARA INDICADORES DE CARACTERIZAÇÃO SETORIAL

A.1 PODER DE MERCADO

Quadro A1: Indicadores de Poder de mercado

Indicador	Descrição	Fonte de Dados	Análise
Razão de concentração (CR)	$CR(k) = \sum_{i=1}^k s_i$, onde k é o número das maiores firmas em termos de pessoal ocupado [v] e s_i é a razão entre v da firma i e v total do setor.	Cadastro Central de Empresas (IBGE, 2014)	As razões de concentração mais comuns são a $CR(4)$ e a $CR(8)$, que significam o <i>market share</i> das quatro e das oito maiores firmas, respectivamente.
Proxy para a margem de lucro (ML)	$ML = \frac{EOB_i}{VBP_i}$, onde EOB_i é o Excedente operacional Bruto do setor i e VBP_i é o Valor Bruto da Produção do setor i .	TRU – IBGE (2015) EOB e VBP: Tabela 2	Requisitos diretos em termos de Excedente Operacional Bruto para produzir uma unidade monetária das atividades de cada subsetor. Quanto maior a razão, maior seria a margem de lucro do setor.

Fonte: Elaboração própria.

A.2 IMPACTOS EM OUTROS SETORES/CONEXÕES INTERSETORIAIS

Quadro A2: Indicadores de conexões intersetoriais

Indicador	Descrição	Fonte de Dados	Análise
Índices de Rasmussen-Hirschman: Índices de ligação para trás e para frente	Mensurado a partir da matriz inversa de Leontief (modelo de Insumo Produto-matriz de requisitos diretos e indiretos). Os coeficientes dessa matriz indicam quanto da produção do setor é necessário para produzir uma unidade de demanda final de outro setor. Os índices são calculados da seguinte forma:	Matriz Insumo Produto (Matriz Inversa de Leontief) – IBGE (2015)	<p>Se $U_j > 1$: aumento do nível de atividade de j gera aumento na demanda por insumos de outros setores acima da média;</p> <p>$U_i > 1$: teria que aumentar sua produção mais que proporcionalmente se se verificasse um aumento na demanda dos outros setores</p> <p>Os setores que detêm índices de ligação para frente e para trás, simultaneamente, superiores à unidade são considerados setores com poder</p>

Indicador	Descrição	Fonte de Dados	Análise
	$B = (I - A)^{-1} = (\alpha_{ij})$ $B^* = \sum_i \sum_j \frac{\alpha_{ij}}{n^2}$ $B_{\bullet j} = \sum_{i=1}^n \alpha_{ij}$ $B_{i\bullet} = \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}$ <p>Em que α_{ij} são os elementos da Inversa de Leontief e n o número de setores</p> <p>Índice de ligação para trás:</p> $U_j = \frac{(B_{\bullet j} / n)}{B^*}$ <p>Índice de ligação para frente:</p> $U_i = \frac{(B_{i\bullet} / n)}{B^*}$		<p>de encadeamento acima da média da economia e constituem-se em setores-chave para o crescimento da economia (RASMUSSEN, 1956; HIRSCHMAN, 1958).</p>
<p>Multiplicador de produção, emprego, renda e tributário – Tipo II</p>	<p>A partir do modelo básico de Leontief $X = (I - A)^{-1} Y$, pode-se mensurar o impacto que as mudanças ocorridas na demanda final (Y), ou em cada um de seus componentes, teriam sobre a produção total, o emprego e os salários de uma economia.</p> <p>Assim, tem-se:</p> $\Delta X = (I - A)^{-1} \Delta Y$ $\Delta V = \hat{v} \Delta X$ <p>em que ΔY e ΔX são vetores (nx1) que mostram, respectivamente, a estratégia setorial e os impactos sobre o volume da produção; e ΔV, um vetor (nx1) que representa o impacto sobre qualquer uma das variáveis: emprego, salários, entre outros. O termo \hat{v}, por sua vez, é definido como uma matriz diagonal (n x n), cujos elementos da diagonal são, respectivamente, os coeficientes de emprego, salários, entre outros. Estes coeficientes, denominados de efeito direto, são obtidos dividindo-se a parcela correspondente a estas variáveis na produção total de determinado setor, isto é:</p>	<p>Matriz Insumo Produto (Matriz Inversa de Leontief) – IBGE (2015)</p> <p>Para o cálculo dos coeficientes diretos: Matriz de usos e Matriz de Produção</p>	<p>Multiplicadores: são indicadores que resumem os impactos representados na matriz inversa de Leontief. Importante indicador dos impactos sobre a produção, emprego, renda e tributos na economia específicos de cada setor.</p> <p>No modelo fechado (mult. Tipo II - consumo das famílias é endógeno) é possível acessar os efeitos diretos, indiretos e induzidos pelo consumo das famílias.</p> <p>Interpretação do multiplicador de produção:</p> <p>Valor da produção total da economia necessário para satisfazer R\$ 1 da demanda final pela produção do setor j</p> <p>Interpretação do multiplicador de emprego:</p> <p>Empregos gerados na economia decorrente do aumento de 1 emprego no setor j</p>

Indicador	Descrição	Fonte de Dados	Análise
	$v_i = \frac{V_i}{X_i}$ <p>A partir dos coeficientes diretos e da matriz inversa de Leontief, com as famílias endógenas ao sistema, é possível estimar, para cada setor j da economia, quanto é gerado - direta, indiretamente e considerando o efeito induzido - de emprego e salários para cada R\$ 1 adicional de demanda final para o setor j. Ou seja:</p> $GV_j = \sum_{i=1}^n \alpha_{ij} v_i$ <p>em que GV_j é o impacto total (direto, indireto e induzido), sobre a variável em questão; α_{ij}, o ij-ésimo elemento da matriz inversa de Leontief; e v_i, o coeficiente direto da variável em questão.</p> <p>A divisão dos geradores GV_j pelo respectivo coeficiente direto proporciona os multiplicadores, que indicam quanto é gerado, direta, indiretamente, e considerando o efeito induzido, de emprego, ou qualquer outra variável para cada unidade diretamente gerada desses itens. Por exemplo, o multiplicador de empregos indica a quantidade de empregos criados, direta, indiretamente e considerando o efeito induzido, dado o aumento de 1 emprego no setor j. O multiplicador do j-ésimo setor é dado, então, por:</p> $MV_j = \frac{GV_j}{v_j}$ <p>em que MV_j representa o multiplicador da variável em questão e as outras variáveis são definidas conforme expresso anteriormente.</p> <p>Por sua vez, o multiplicador de produção total, que indica o valor total da produção em todos os setores da economia que é necessário para satisfazer R\$ 1 de demanda por produto do setor j, é definido como:</p> $MP_j = \sum_{i=1}^n \alpha_{ij}$ <p>em que MP_j é o multiplicador de produção do j-ésimo setor, α_{ij} são os elementos da inversa de Leontief.</p>		<p>Interpretação do multiplicador de renda:</p> <p>Valor da renda das famílias (remuneração do fator trabalho) gerada na economia decorrente do aumento de R\$ 1 nas remunerações do setor j</p> <p>Interpretação do multiplicador tributário: Valor dos Impostos, líquidos de subsídios, sobre a produção e a importação gerado na economia decorrente do aumento de R\$ 1 nos tributos do setor j</p>

Indicador	Descrição	Fonte de Dados	Análise
	Quando a demanda das famílias é endogeneizada no sistema, levando-se em consideração o efeito induzido pela renda e pelo consumo das famílias, estes multiplicadores recebem a denominação de multiplicadores do tipo II.		

Fonte: Elaboração própria.

A.3 DISTRIBUIÇÃO DAS VENDAS

Quadro A3: Distribuição das vendas

Indicador	Descrição	Fonte de Dados	Análise
Distribuição das vendas, por produto	Participação do consumo intermediário (CI) e dos componentes da demanda final (consumo das famílias, consumo do Governo, exportações, variação de estoques e formação bruta de capital fixo) no valor das vendas por produto (128 produtos)	TRU – IBGE (2015) CI: Tabela 2 Componentes da DF: Tabela 2 Total das vendas = Demanda total: Tabela 2	A estrutura de distribuição das vendas setoriais indica características importantes do produto, por exemplo, se a maior parte da produção é destinada à exportação, ou ao consumo das famílias.

Fonte: Elaboração própria.

A.4 EXPOSIÇÃO AO COMÉRCIO EXTERIOR

Quadro A4 - Indicadores de Exposição ao Comércio Exterior

Indicador	Descrição	Fonte de Dados	Análise
Coefficiente de Exportações	Razão entre as Exportações por setor (EX_i) e o Valor Bruto da Produção (VBP) do setor (X_i), tal que $CX_i = EX_i / X_i$	TRU – IBGE (2015) Exportações: Tabela 2 Produção - VBP: Tabela 1	É o percentual da produção que é exportado. Quanto maior o coeficiente de exportação, maior é a importância das vendas externas para o setor.
Coefficiente de penetração das importações	Razão entre as Importações por produto (M_i) e a oferta por produto (S_i), tal que $CPI_i = M_i / S_i$	TRU – IBGE (2015) Importações: Tabela 1 Oferta: Tabela 1	O coeficiente de penetração das importações é a parcela da oferta interna atendida pelas importações. Quanto maior for seu resultado, maior será a parcela do mercado doméstico atendida por produtos importados.

Fonte: Elaboração própria.

APÊNDICE B – METODOLOGIA PARA O ESTABELECIMENTO DO PERFIL DE EMISSÕES E DAS MELHORES TECNOLOGIAS DE ABATIMENTO DISPONÍVEIS

A seção de Caracterização Tecnológica e Análise do Perfil de Emissões consiste na descrição das emissões de gases de efeito estufa, bem como na descrição das melhores tecnologias disponíveis de reduções de emissões para o setor de produção de combustíveis, com ênfase nos combustíveis líquidos e gás natural. Ela deriva do estudo “Opções de Mitigação de Gases de Efeito Estufa em Setores-Chaves do Brasil³¹”, que avaliou cenários de longo prazo com ênfase no papel brasileiro para mitigação das mudanças climáticas, identificando variáveis-chave que afetam o desenvolvimento dos setores de energia e uso da terra. Este estudo utilizou *soft-links* entre três grandes ferramentas desenvolvidas no Brasil: um modelo CGE, denominado EFES, que fornece e garante a consistência macroeconômica da análise; um modelo de otimização do sistema energético, denominado MSB 8000, que fornece diferentes trajetórias para o sistema energético brasileiro, de forma técnica-econômica bastante detalhada (incluindo emissões de GEE provenientes da combustão de combustíveis, processos industriais, emissões fugitivas e tratamento de resíduos); e um modelo de otimização do uso da terra, denominado OTIMIZAGRO, que é capaz de otimizar a resolução micro espacial do setor AFOLU no Brasil. As três ferramentas foram integradas para garantir que os resultados do sistema de energia fossem consistentes com os resultados macroeconômicos, enquanto também concorda com a evolução do uso da terra no Brasil (custo e produtividade e demanda final de energia do setor agrícola). Seus resultados são completamente consistentes e muito detalhados, podendo indicar em quais tecnologias e a que nível de custo diferentes opções de mitigação podem ser adicionadas para ajudar a lidar com a NDC brasileira.

Cabe ressaltar que, apesar de estar baseada em estudo que realizou uma análise integrada, analisando a aditividade de medidas setoriais de forma consistente, a presente pesquisa realiza uma análise setorial, com foco nas melhores tecnologias disponíveis de reduções de emissões a serem aplicadas no setor de produção de combustíveis.

³¹ Os autores do estudo setorial associado aos combustíveis são: Schaffer, R.; Szklo, A.; Lucena, A.; Costa, I.; Rochedo, P.; Império, M.; Guedes, F.; Pereira, J.; Hoffmann, S.; Mahecha, R. E. G.; Nogueira, L. P. P.; Soria, R.; Milani, R.; Oliveira, I. A.

APÊNDICE C – OPÇÕES DE ABATIMENTO

Tabela C1: Resumo dos dados de algumas BAT analisadas – Subsetor de Papel e Celulose

Medida	Custo de investimento (US\$ (2010)/ tonelada de produto)	Custo de O&M (US\$ (2010)/ tonelada de produto)	Potencial de redução no consumo de combustível (%)
Caldeira Auxiliar com Controle de Processo	0,59	0,12	2,8
Caldeira Auxiliar com Recuperação de Vapor	1,18	0,16	1,2
Caldeira Auxiliar com Retorno de Condensado	5,59	0,79	13,8
Manutenção da Caldeira Auxiliar	-	0,09	10
Modificações no Forno de Cal	3,68	-	5
Caldeira de Papel com Controle de Processo	0,59	0,12	2,8
Caldeira de Papel com Recuperação de Vapor	1,18	0,16	1,2
Caldeira de Papel com Retorno de Condensado	5,59	0,79	13,8
Manutenção da Caldeira de Papel	-	0,09	10
Secadores CondeBelt	37,5	-	15
Prensas mais eficientes	55,9	3,3	15

Fonte: Elaboração própria.

Quadro C1: Potenciais de abatimento para as opções tecnológicas da indústria química

Opções Tecnológicas		Potencial		Fonte
		Base energética	Base emissões	
Biomassa como matéria-prima	Metanol via Lignocelulose	SEC 3,5 a 5x superior a rotas convencionais; demanda de energia fóssil 20% a 200% inferior	2,4 tCO ₂ eq/t HVC capturado	IEA (2014)
	Etanol via Cana-de-açúcar		2,8 tCO ₂ eq/t HVC capturado	IEA (2014)
Uso de H ₂ de fontes renováveis para produção de amônia e metanol		Amônia: +26 GJ/t Metanol: + 15,7 GJ/t	Mitigação mundial > 200 MtCO ₂ eq até 2050 a taxa de penetração de 30% a.a.	IEA (2014)
Produção de olefinas via tratamento catalítico da nafta			-	IEA (2014), Ren (2009)
Produção de olefinas via metanol		Não apresenta potencial de abatimento		IEA (2014)
Rota HPPO para óxido de propileno		Economia líquida de 10% a 12%	-	IEA (2014)
Eletrocatalise		Redução da voltagem para 1 Volt	-	Gecats (2010)
Captura e armazenamento de carbono		-	1,2 MtCO ₂ /ano (Brasil)	Oliveira (2015)

Opções Tecnológicas		Potencial		Fonte
		Base energética	Base emissões	
Captura e utilização de carbono	Síntese de metanol por hidrogenação direta	-	Ordem de x10 MtCO ₂	Khamlichi & Thybaud (2014)
	Síntese de carbonato de sódio por mineralização aquosa	-	Ordem de Mt	Khamlichi & Thybaud (2014)
	Síntese de ácido fórmico por redução eletroquímica	-	Ordem de x100 ktCO ₂	Khamlichi & Thybaud (2014)

Fonte: Elaboração própria.

Tabela C2: Resumo de algumas medidas de eficiência analisadas - Subsetor de Cimento

Medida de Eficiência Energética	Redução		Investimento (USD/t anual instalada)
	Energia	CO ₂	
Queima melhorada utilizando mineralizadores	0,115 GJ/ton clínquer	11,11 kgCO ₂ /t clínquer	0.4 – 2.1
Otimização de Controle e Processos	0,111 GJ/t Clínquer	10,72 kgCO ₂ /t clínquer	0.4 – 1.2
Otimização da Recuperação de Calor	0,065 GJ/t Clínquer	6,28 kgCO ₂ /t clínquer	0.3
Geração de Eletricidade a partir de Recuperação de Calor	25 kWh/t clínquer	3,12 kgCO ₂ /t clínquer	47 – 110
Moinhos de Alta pressão como pré-moagem para moinhos de bolas	10 kWh/t cimento	1,25 kgCO ₂ /t cimento	31
Substituição de moinhos de bolas por FPGR ou moinhos horizontais	9 kWh/t cimento	1,12 kgCO ₂ /t cimento	70
Pré-moagem com moinhos de bolas	0,8 kWh/t matéria prima	0,1 kgCO ₂ /t matéria prima	11.5
Classificadores de elevada eficiência	5 kWh/t cimento	0,62 kgCO ₂ /t matéria prima	4
Sistemas de controle especialistas na moagem final do cimento	3,5 kWh/t cimento	0,44 kgCO ₂ /t cimento	0.8
Otimização da operação da planta de cimento	2 kWh/t cimento	0,25 kgCO ₂ /t cimento	0.4
Medidas Gerais	1,2 kWh/t cimento	0,12 kgCO ₂ /t cimento	0.3
Ciclones de baixa queda de pressão nos preaquecedores	0,135 kWh/t clínquer	0,02 kgCO ₂ /t clínquer	13

Fonte: Elaboração própria.

Tabela C3: Informações Técnicas das BATs para a rota de Alto-forno – Subsetor de Ferro e Aço

Etapa	Tecnologia	Redução de CO ₂ [kgCO ₂ /t produto]	Redução de Combustível [GJ/t de produto]	Redução de Eletricidade [GJ/t de produto]	Custo de Operação Anual [US\$/t de produto]	Custo de Investimento [US\$/t de produto]
Prep. De Materiais - Sinterização	Recuperação de calor na planta de sinter	57,2	0,55	0	0	4,7
	Redução dos vazamentos de ar	2	0	0	0	0,14
	Aumento da profundidade do leito do forno	9,9	0,09	0	0	0
	Melhora do controle de processo	5	0,05	0	0	0,21
	Uso de resíduos combustíveis	19,5	0,18	0	0	0,29
	Melhora do carregamento do forno	-	-	-	-	-
	Aumento da eficiência de ignição do forno	-	-	-	2,5	2,4
Produção do Coque	Controle da Umidade de Coque	6,7	0,3	0	0	76,6
	Aquecimento programado	3,8	0,17	0	0	0,37
	Compressor de velocidade variável	0,12	0	0	0	0,47
	Arrefecimento de coque a seco	27,5	1,2	0	0,78	109,5
	Uso adicional de COG	-	-	-	-	-
	Sistema de Câmara Única	-	-	-	-	-
	Fornos de Recuperação de Calor (non-coking)	-	-	-	-	-
Produção de Ferro - Alto Forno	Injeção de Carvão Pulverizado 130 kg/ton ferro	47	0,77	0	-3,1	11
	Injeção de Carvão Pulverizado 225 kg/ton ferro	34,7	0,57	0	-1,6	8,1
	Injeção de Gás Natural 140 kg/t ferro	54,9	0,9	0	-3,1	7,8
	Injeção de Óleo	-	-	-	-	-
	Injeção de gás de coqueria e gás de BOF	-	-	-	-	-
	Top Pressure Recovery Turbines	17,6	0	0,11	0	31,3
	Recuperação de gás de topo	4	0,07	0	0	0,47
	Automatização dos sopradores de ar quente	22,6	0,37	0	0	0,47
	Recuperação de calor nos fornos de ar quente	4,9	0,08	0	0	2,2
	Combustão avançada em fornos de ar quente	-	-	-	-	-
	Sistemas de Controle Avançados do Alto Forno	24,4	0,4	0	0	0,56
	Recirculação de gás de alto-forno	-	-	-	-	-
Recuperação de Calor da Escória	-	-	-	-	-	
Produção de Aço -	Recuperação de calor sensível do conversor de oxigênio	46	0,92	0	0	35,4
	Drive de velocidade variável nos ventiladores	0,51	0	0,003	0	0,31

Etapa	Tecnologia	Redução de CO ₂ [kgCO ₂ /t produto]	Redução de Combustível [GJ/t de produto]	Redução de Eletricidade [GJ/t de produto]	Custo de Operação Anual [US\$/t de produto]	Custo de Investimento [US\$/t de produto]
Conversos a Oxigênio	Melhora do monitoramento e controle					
Moldagem	Aquecimento eficiente da moldagem	1,1	0,02	0	0	0,09
	Formação quase nítida - thin slab	728,8	3,5	0,64	-54,8	234,9
Laminação à Quente	Cargas aquecidas	30,2	0,6	0	-2,1	23,51,1
	Controle de processo no strip mill	15,1	0,3	0	0	3,9
	Queimadores regenerativos	35,2	0,7	0	0	-
	Queimadores sem chama	60%	60%	-	-	15,6
	Insulação dos fornos	8	0,16	0	-	0,79
	Controle do nível de Oxigênio	16,6	0,33	0	-	-
	Recuperação de calor residual	1,9	0,03	0	0,11	1,3
Laminação a Frio	Recuperação de calor na linha de anelamento	17,5	0,3	0,02	0	4,2
	Redução do uso de vapor	9,9	0,19	0	0	4,4
	Sistema de automação	35,3	0	0,21	0	1,7
Geral	Manutenção Preventiva	35,7	0,43	0,02	0,03	0,02
	Monitoramento do consumo energético	9,5	0,11	0,01	0	0,23
	Sistemas de produção de potência e calor	82,1	0,03	0,35	0	22,7

Fonte: Adaptado de EPA (2012).

Tabela C4: Informações Técnicas das BATs para a rota de Alto-Fornos Elétricos a Arco – Subsetor de Ferro e Aço

Etapa	Tecnologia	Redução de CO ₂ [kgCO ₂ /t produto]	Redução de Combustível [GJ/t de produto]	Redução de Eletricidade [GJ/t de produto]	Custo de Operação Anual [US\$/t de produto]	Custo de Investimento [US\$/t de produto]
Produção de Ferro - Forno Elétrico a Arco	Controle avançado de processo (redes neurais)	17,6	0	0,11	-1,6	1,5
	Drivers de velocidade variável	-	-	0,05	-	2
	Transformadores de alta eficiência	10	0	0,06	0	4,3
	Injeção de gás na parte inferior	11,7	0	0,07	-3,1	0,94
	Escória espumante	10,6	0	0,07	-2,8	15,6
	Combustores Oxy-Fuel	23,5	0	0,14	-6,2	7,5

Etapa	Tecnologia	Redução de CO ₂ [kgCO ₂ /t produto]	Redução de Combustível [GJ/t de produto]	Redução de Eletricidade de [GJ/t de produto]	Custo de Operação Anual [US\$/t de produto]	Custo de Investimento [US\$/t de produto]
	Pós combustão dos gases de chaminé	-	-	-	-	-
	Fornalha com arco de corrente contínua	52,9	0	0,32	-3,9	6,1
	Pré aquecimento da sucata (Consteel)	35,2	0	0,22	-3	7,8
	Pré aquecimento da sucata (Fuchs)	35,3	-0,7	0,43	-6,2	9,4
	Monitoramento dos gases de escape	8,8	0	0,05	0	3,1
	Tapping inferior Excentrico	8,8	0	0,05	0	5
	Fornalha de carcaça dupla - DC - com preaquecimento	11,1	0	0,07	-1,7	9,4
Moldagem	Aquecimento eficiente da moldagem	1,1	0,02	0	0	0,09
	Formação quase nítida - thin slab	265,3	3,2	0,64	-54,8	234,8
Laminação à Quente	Drives de aumento da eficiência energética	1,6	0	0,01	0	0,3
	Controle do processo	15,1	0,3	0	0	1,1
	Queimadores regenerativos	35,2	0,7	0	0	3,9
	Queimadores sem chama	60%	60%	-	-	-
	Insulação dos fornos	8,1	0,16	0	15,7	0,79
	Controle do nível de oxigênio	16,6	0,33	0	0	-
	Recuperação de calor residual	1,9	0,03	0	0,11	1,3
Geral	Manutenção Preventiva	15	0,09	0,05	0,03	0,02
	Monitoramento de energia	3,7	0,02	0,01	0	0,23

Fonte: Adaptado de EPA (2012).

Quadro C2: Tecnologias para redução de consumo energético e de controle de emissões do subsetor de Alumínio

Medidas de Mitigação
Controle de motores e inversores de frequência
Caldeiras a gás natural
Troca de Smelter Soderberg por Prebake
Otimização da utilização dos anodos
Otimização do fluxo de ar da Combustão
Controle de pressão em fornos
Isolamento em fornos
Recuperação de calor

Fonte: Kermeli, Weer, & Crijns-Graus (2014).

Tabela C5: Potenciais de Conservação de Energia e Custos das Medidas – Subsetor de Alumínio

Medida	Potencial de Redução do Consumo de Combustível	Custo US\$/t alumínio
Otimização da utilização dos anodos	2 MWh/t alu (eletricidade)	325
Otimização do fluxo de ar da Combustão	10-25%	3
Controle de pressão em fornos	5-10%	1,5
Isolamento em fornos	2-5%	0,5
Recuperação de calor	10-30%	10
Controle de motores e inversores de frequência	0,1 MWh/t alu(eletricidade)	7

Fonte: Kermeli, Weer, & Crijns-Graus (2014).

APÊNDICE D - METODOLOGIA PARA O MAPEAMENTO DAS POLÍTICAS SETORIAIS EXISTENTES E IDENTIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO DE INSTRUMENTOS

MAPEAMENTO DAS POLÍTICAS SETORIAIS EXISTENTES

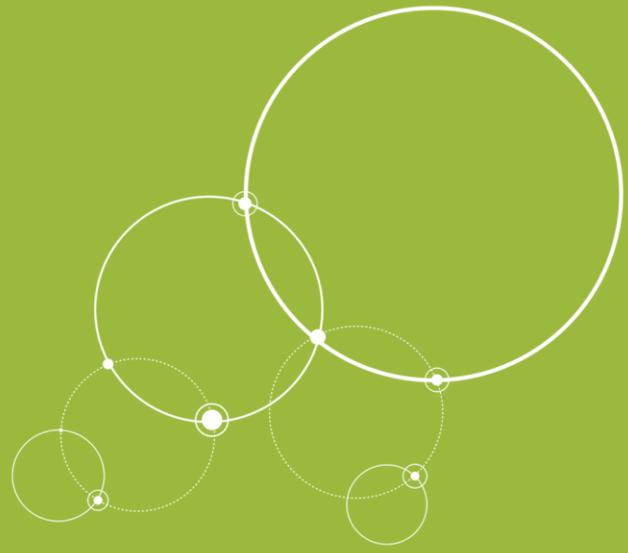
Identificação das políticas tributárias, creditícias, regulatórias e outras no setor (incluindo pesquisa e inovação, se aplicável), assim como seus objetivos

- Elaboração de uma revisão em um formato padrão para cada setor abrangendo peças-chave de leis e regulação, os arranjos institucionais, o escopo dos instrumentos cobertos, o grau de execução e os planos futuros para a área de política
- A revisão deve usar fontes primárias, documentos de políticas e diretrizes.

IDENTIFICAÇÃO E DESCRIÇÃO DE INSTRUMENTOS

Identificação e avaliação dos instrumentos de política setorial

- Deve ser feita uma revisão dos instrumentos de política aplicados ao setor
- Os seguintes elementos devem ser analisados para os instrumentos de política identificados em cada setor:
 - i. Descrição do escopo dos instrumentos, onde o escopo se refere particularmente aos setores econômicos e aos grupos-alvo;
 - ii. Descrição dos objetivos de cada instrumento;
 - iii. Descrição do funcionamento dos instrumentos, relacionado às obrigações, incentivos, instituições e outros mecanismos que influenciam o funcionamento de cada instrumento.



: vivideconomics

