

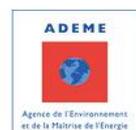


Plano de Energia
e Mudanças Climáticas
de Minas Gerais

PLANO DE ENERGIA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS DE MINAS GERAIS: Potencial de eficiência energética com enfoque setorial

Com o apoio de :

feam
FUNDAÇÃO ESTADUAL
DO MEIO AMBIENTE





© 2014 Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM
É permitida a reprodução desde que seja citada a fonte.

Governo do Estado de Minas Gerais

Alberto Pinto Coelho- Governador

Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD

Alceu Torres Marques- Secretário

Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM

Zuleika Stela Chiacchio Torquetti - Presidente

Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento - DPED

Janaína Maria França dos Anjos - Diretora

Gerência de Energia e Mudanças Climáticas - GEMUC

Felipe Santos de Miranda Nunes – Gerente

Abílio César Soares de Azevedo – Analista Ambiental

Andréa Brandão Andrade – Analista Ambiental

Cibele Mally de Souza – Analista Ambiental

Larissa Assuncao Oliveira Santos – Analista Ambiental

Morjana Moreira dos Anjos – Analista Ambiental

Rosangela Mattioli Silva – Analista Ambiental

Wilson Pereira Barbosa Filho – Analista Ambiental

Victor Muniz Ribeiro – Estagiário

Victor Pires Gonçalves – Estagiário

Conselho Regional de Nord Pas-de-Calais/França

Presidência: Daniel Percheron, Presidente

Emmanuel Cau, Vice-Presidente Planejamento Territorial, Meio Ambiente e Plano Clima

Majdouline Sbai, Vice-Presidente Cidadania, Relações Internacionais e Cooperação Descentralizada

Direção do Meio Ambiente: Bertrand Lafolie, Chefe de Serviço

Direção Parcerias Internacionais: Sandra Fernandes

Agência Francesa do Meio Ambiente e da Gestão de Energia

Presidência: Bruno Lechevin, Presidente

Direção de Ação Internacional: Dominique Campana, Diretora

Cécile Martin-Phipps, Encarregada do projeto Brasil

Direção Regional Nord-Pas de Calais: Hervé Pignon, Diretor

François Boisieux, Moderador Ar-Clima



EnvirOconsult

Presidente Diretor: Olivier Decherf

Diretor Técnico: Léo Genin

Chefe do Projeto: Charlotte Raymond

Coordenador local do Projeto: Alexandre Florentin

Ficha Catalográfica



Conteúdo do documento

Este relatório apresenta uma avaliação do potencial de eficiência energética no estado de Minas Gerais a partir de um enfoque setorial. As informações geradas são elementos importantes para a construção do diagnóstico do Plano de Energia e Mudanças Climáticas (PEMC). O estudo visa estimar potenciais técnicos e/ou econômicos de ações de eficiência energética e conservação de energia, sendo, portanto, a base técnica para a identificação de ações setoriais específicas a serem definidas no âmbito do PEMC. Adicionalmente, aponta também, barreiras e oportunidades considerando a necessidade de ampliação da segurança energética e redução de emissões de gases de efeito estufa no território estadual por meio do uso racional da energia.

Elaboração do documento

O relatório foi elaborado a partir de pesquisas bibliográficas e estimativas da equipe técnica do PEMC considerando informações disponíveis no momento, com destaque para:

- **27º Balanço Energético do Estado de Minas Gerais-BEEMG 2011, CEMIG (2012):** aborda a oferta e demanda de energia considerando o balanço energético no território mineiro, de acordo com a metodologia utilizada na esfera federal para a implementação do Balanço Energético Nacional (BEN), também publicado anualmente pela EPE - Empresa de Pesquisa Energética. O relatório também contém uma série histórica desde 1978;
- Alternativas Energéticas, uma Visão da CEMIG, CEMIG (2012);
- Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso - Ano de base 2005, Classe residencial, relatório Sudeste, PROCEL (2007);
- Oportunidades de eficiência energética na indústria, CNI, Eletrobras e Procel (2010): apresenta um resumo das principais oportunidades de eficiência energética na indústria, assim como relatórios setoriais;
- Consumo de energia e emissões de gases de efeito estufa na Região Nord-Pas-de-Calais, Edição 2010, Números 2008, Observatório Regional NORENER (2010);

Ressalta-se que as diferenças existentes na abordagem, disponibilidade de informações e dados desagregados das publicações consultadas resultaram em níveis desiguais de detalhamento de alguns setores, o que se reflete nas estimativas de potenciais de eficiência energética e custos associados.



Sumário

Contexto	11
Conceitos e enfoque setorial.....	11
Potencial de eficiência energética.....	12
Capítulo 1 – Consumo de energia final em Minas Gerais	13
Distribuição por tipo de energia	14
Distribuição por setor	14
Capítulo 2 – Potencial de eficiência energética na indústria	15
Subsetor Siderurgia.....	17
Contexto.....	17
Consumo de energia e emissões de GEE	18
Potencial de eficiência energética	20
Barreiras associadas.....	22
Conclusões	22
Subsetor Alimentos e Bebidas	23
Contexto.....	23
Consumo de energia final e emissões de GEE	23
Uso da energia	24
Potencial de eficiência energética	26
Barreiras associadas.....	29
Conclusões	29
Subsetor Cimento	30
Contexto.....	30
Consumo de energia e emissões de GEE	30
Usos da energia.....	32
Potencial de eficiência energética	34
Barreiras associadas.....	36
Conclusões	36
Subsetor Ferroligas	38
Contexto.....	38
Consumo de energia e emissões de GEE	38
Usos da energia.....	40
Potencial de eficiência energética	41
Barreiras associadas.....	43
Conclusões	43
Subsetor Mineração.....	43
Contexto.....	43
Consumo de energia final e emissões de GEE	44
Uso da energia	45
Potencial de eficiência energética	46
Barreiras associadas.....	48
Conclusões	48
Subsetor Cerâmica.....	49
Contexto.....	49
Consumo de energia final e emissões de GEE	49



Usos da energia	50
Potencial de eficiência energética	52
Barreiras associadas	53
Conclusões	53
Capítulo 3 – Potencial de eficiência energética nos transportes	54
Contexto	54
Consumo de energia e emissões de GEE	54
Potencial de eficiência energética	62
Conclusões	66
Capítulo 4 – Potencial de eficiência energética em residências	67
Contexto	67
Consumo de energia e emissões de GEE	68
Uso da energia	70
Potencial de eficiência energética	75
Barreiras associadas	79
Conclusões	80
Capítulo 5 – Potencial de eficiência energética nos setores público e comercial.....	80
Contexto	80
Consumo de energia e emissões de GEE	80
Uso da Energia	83
Potencial de eficiência energética	83
Barreiras associadas	86
Conclusões	86
Capítulo 6 – Quadro resumo dos potenciais estimados.....	87
Literatura consultada	87



Figura 1 - Evolução do consumo de energia final no Brasil e em Minas Gerais, de 1978 até 2010 (Fonte: CEMIG, 2012 e EPE, 2011)	13
Figura 2 - Consumo de energia final por tipo de fonte, em 2011 (Fonte: CEMIG, 2012)	14
Figura 3 - Distribuição do consumo de energia final do setor industrial por subsetor em 2010. (Fonte: CEMIG, 2012)	15
Figura 4 - Evolução do consumo de energia final do setor industrial. (Fonte: CEMIG, 2012)	16
Figura 5 - Distribuição do consumo de energia por tipo na indústria de Minas Gerais em 2010. (Fonte: CEMIG, 2012).	16
Figura 6 - Distribuição da produção de aço bruto por estado no Brasil. (Fonte: Instituto Aço Brasil, 2012)	17
Figura 7 - Distribuição das fontes energéticas consumidas na indústria siderúrgica integrada de Minas Gerais em 2011. (Fonte: CEMIG, 2012)	19
Figura 8 - Distribuição das fontes energéticas consumidas na indústria siderúrgica semi-integrada de Minas Gerais em 2011. (Fonte: CEMIG, 2012)	20
Figura 9 - Percentual de empresas do setor de siderurgia com ações de eficiência energética. (Fonte: PROCEL/CNI, 2010)	21
Figura 10 - Evolução da distribuição do consumo de energia final no setor de alimentos e bebidas por fonte de energia (Fonte: CEMIG, 2012)	23
Figura 11 - Distribuição do consumo de energia final no setor de alimentos e bebidas por fonte de energia em 2011 no estado (Fonte: CEMIG, 2012).....	24
Figura 12 - Distribuição das energias usadas nos dois principais usos finais na indústria de alimentos e bebidas (excl. açúcar) (Fonte: PROCEL/CNI, 2010).....	25
Figura 13 - Percentual de empresas do setor de alimentos e bebidas com ações de eficiência energética. (Fonte: PROCEL/CNI, 2010)	27
Figura 14 - Consumo e potencial de conservação de energia elétrica, em tep, nas principais cadeias da indústria de alimentos e bebidas no Brasil, em 2004 (Fonte: PROCEL/CNI, 2010)	28
Figura 15 - Consumo e economia técnicas de energia potencial em Minas Gerais para Indústria de alimentos e bebidas (Fonte: Elaboração própria)	28
Figura 16 - Evolução da distribuição do consumo de energia final no setor de cimento, em porcentagem total. (Fonte: CEMIG, 2012)	30
Figura 17 - Distribuição do consumo de energia final no setor cimenteiro, por fonte de energia, em 2011. (Fonte: adaptado de CEMIG, 2012).....	31
Figura 18 – Usos finais de energia associados ao setor de cimento no Brasil. (Fonte: CNI, 2010)	33
Figura 19 - Potencial de redução de CO ₂ para o setor cimenteiro. (Fonte: IEA/WBCSD, 2009)	34
Figura 20 - Potencial de conservação de energia em Minas Gerais. (Fonte: Elaboração própria).....	36
Figura 21 - Evolução da distribuição do consumo de energia final de energéticos entre 1997 e 2011. (Fonte: adaptado de CEMIG, 2012).....	39
Figura 22 - Distribuição do consumo de energia final no setor de ferroligas, por fonte de energia, em 2011. (Fonte: adaptado de CEMIG, 2012).....	39
Figura 23 - Evolução da produção de ferroligas no Brasil. (Fonte: LEITE, 2010)	40
Figura 24 - Consumo e potencial técnico de conservação de energia no setor de ferroligas em Minas Gerais. (Fonte: Elaboração própria).....	42
Figura 25 - Evolução da distribuição de energia consumida pela mineração em Minas Gerais (Fonte: CEMIG, 2012)	44
Figura 26 - Distribuição do consumo de energia final no setor de mineração por fonte de energia em 2011 no estado (Fonte: CEMIG, 2012).....	45
Figura 27 - Distribuição percentual, por usos finais, do consumo final de energia da indústria extrativa mineral (Fonte: PROCEL/CNI, 2010).....	46



Figura 28 - Percentual de empresas do setor de minerais metálicos com ações de eficiência energética. (Fonte: PROCEL/CNI, 2010).....	47
Figura 29 - Percentual de empresas do setor de minerais não-metálicos com ações de eficiência energética. (Fonte: PROCEL/CNI, 2010).....	47
Figura 30 - Consumo e poupança técnicas de energia potencial em Minas Gerais para a indústria de mineração (Fonte: Elaboração própria).....	48
Figura 31 - Evolução da distribuição de energia consumida pela indústria cerâmica em Minas Gerais (Fonte: CEMIG, 2012)	50
Figura 32 - Distribuição do consumo de energia final no setor de cerâmica por fonte de energia em 2011 no estado (Fonte: CEMIG, 2012).....	50
Figura 33 - Distribuição percentual, por usos finais, do consumo final de energia da indústria cerâmica (Fonte: PROCEL/CNI, 2010).....	51
Figura 34 - Percentual de empresas do setor de cerâmicas com ações de eficiência energética. (Fonte: PROCEL/CNI, 2010)	52
Figura 35 - Consumo e poupança técnicas de energia potencial em Minas Gerais para a indústria cerâmica (Fonte: Elaboração própria)	53
Figura 36 - Distribuição das fontes de energia e de modal no setor de transporte em 2011 (Fonte: CEMIG, 2012)	55
Figura 37 - Estrutura da frota de veículos em Minas Gerais (Fonte: DENATRAN, 2013)	56
Figura 38 - Evolução do número de veículos em circulação entre 2000 e 2013 (Fonte: DENATRAN, 2013)	56
Figura 39 - Evolução do consumo final de energia no setor dos transportes (Fonte: adaptado de CEMIG, 2012)	57
Figura 40 - Distribuição da frota de veículos baseado na motorização (Fonte: DENATRAN, 2013).....	58
Figura 41 - Evolução do consumo de gasolina por tipo de veículo terrestre rodoviário (Fonte: MMA, 2011)	59
Figura 42 - Evolução do consumo de etanol hidratado por tipo de veículo terrestre rodoviário (Fonte: MMA, 2011).	59
Figura 43 - Evolução do consumo de diesel por tipo de veículo terrestre rodoviário (Fonte: MMA, 2011).	60
Figura 44 - Emissões de CO ₂ por categoria de veículo (Fonte: MMA, 2011).....	61
Figura 45 - Emissões de CO ₂ por tipo de combustível (Fonte: MMA, 2011)	61
Figura 46 - Evolução dos veículos leves da frota nacional por tipo de motor (Fonte: MME/EPE, 2013)	62
Figura 47 - Evolução do consumo de energia associado ao transporte no Brasil (Fonte: MME/EPE, 2013)	63
Figura 48 - Potencial de eficiência energética do setor de transportes no Brasil (Fonte: MME/EPE, 2013)	63
Figura 49 - Evolução do consumo de energia no setor dos transportes em Minas Gerais (Fonte: Elaboração própria).....	64
Figura 50 - Evolução do consumo energético por fonte no setor residencial brasileiro (Fonte: EPE, 2013)	68
Figura 51 - Evolução da participação de fontes energéticas no setor residencial (Fonte: EPE, 2013)	69
Figura 52 - Composição do consumo no setor residencial em Minas Gerais (Fonte: EPE, 2013)	70
Figura 53 - Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial na região Sudeste (Fonte: Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso – Ano Base 2005 – PROCEL).....	71
Figura 54 - Curva de carga diária média na região Sudeste (Fonte: Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso – Ano Base 2005 – PROCEL).....	71
Figura 55 - Distribuição da amostra por faixa de consumo (Fonte: Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso – Ano Base 2005 – PROCEL).....	72
Figura 56- Distribuição da lâmpada por eficiência (Fonte: Simulação de Potenciais de Eficiência Energética para a Classe Residencial – PROCEL)	73
Figura 57 - Distribuição de geladeiras por faixa de eficiência (Fonte: Simulação de Potenciais de Eficiência Energética para a Classe Residencial – PROCEL).....	74
Figura 58 - Distribuição de freezers por faixa de eficiência (Fonte: Simulação de Potenciais de Eficiência Energética para a Classe Residencial – PROCEL)	74



Figura 59 - Posse dos condicionadores de ar no condicionamento térmico (Fonte: Simulação de Potenciais de Eficiência Energética para a Classe Residencial – PROCEL).....	75
Figura 60 - Distribuição da energia economizada por equipamento com o Selo Procel Eletrobrás em 2012 (Fonte: adaptado de Resultados PROCEL 2013 – Ano Base 2012)	76
Figura 61 - Potenciais de conservação de energia no Sudeste (agregado) (Fonte: adaptado de Simulação de potenciais de eficiência energética para a classe residencial).....	77
Figura 62 - Potenciais de conservação de energia no Sudeste por uso final (Fonte: adaptado de Simulação de potenciais de eficiência energética para a classe residencial).....	78
Figura 63 - Potencial técnico, econômico e de mercado para redução do consumo de energia elétrica no setor residencial em Minas Gerais (Fonte: adaptado de Simulação de potenciais de eficiência energética para a classe residencial)	78
Figura 64 - Composição do consumo no setor terciário em Minas Gerais (Fonte: CEMIG, 2012)	83
Figura 65 - Potencial técnico, econômico e de mercado para reduzir o consumo de eletricidade no setor terciário, em Minas Gerais (Fonte: Elaboração própria).....	86



Lista de tabelas

Tabela 1 - Distribuição do consumo de energia final por setor (Fonte: CEMIG, 2012).....	14
Tabela 2 - Evolução do consumo energético por fonte no setor de siderurgia integrada em Minas Gerais. (Fonte: CEMIG, 2012).....	18
Tabela 3 - Distribuição, por usos finais, do consumo, em mil tep, dos energéticos utilizados na indústria de alimentos e bebidas, excluída a fabricação de açúcar, em 2004 (Fonte: Procel, 2010, op.cit.).....	25
Tabela 4 - Uso final e ação (Fonte: PROCEL/CNI, 2010).....	26
Tabela 5 - Consumo de energéticos utilizados na indústria de cimento no Brasil em 2004. (Fonte: PROCEL/CNI, 2010)	32
Tabela 6 - Potencial técnico de eficiência energética para o Brasil (Fonte: CNI, 2010)	35
Tabela 7 - Usos e fontes de energia associados à indústria de ferroligas no Brasil. (Fonte: LEITE, 2010)	41
Tabela 8 - Potencial técnico de conservação de energia. (Fonte: LEITE, 2010)	41
Tabela 9 - Usos e fontes de energia associados no setor de cerâmica no Brasil (Fonte: PROCEL/CNI, 2010)	51
Tabela 10 - Projetos de desenvolvimento de infraestrutura ferroviária e fluvial em Minas Gerais (Fonte: SETOP, 2012)	64
Tabela 11 - Comparação entre sistemas públicos de transporte (Fonte: IPCC, 2014).....	65
Tabela 12 - Evolução do consumo energético por fonte no setor residencial brasileiro (Fonte: EPE, 2013).....	68
Tabela 13- Evolução do consumo energético no setor residencial por fonte (Fonte: CEMIG, 2012)	69
Tabela 14- Distribuição do tipo de domicílio, média de moradores e preço da energia na região Sudeste por faixa de consumo (Fonte: adaptado de Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso – Ano Base 2005 – PROCEL).....	72
Tabela 15- Economia de energia por equipamento no Brasil e redução na demanda de ponta (Fonte: adaptado de Resultados PROCEL 2013 – Ano Base 2012)	76
Tabela 16- Evolução do consumo energético por fonte no setor comercial brasileiro (Fonte: EPE, 2013)	80
Tabela 17- Evolução do consumo energético por fonte no setor público brasileiro (Fonte: EPE, 2013)	81
Tabela 18 - Evolução do consumo energético no setor terciário por fonte (Fonte: CEMIG, 2012)	82
Tabela 19- Consumo de energia e eficiência energética do setor público no Brasil (Fonte: EPE, 2013)	85
Tabela 20 - Potenciais técnicos de eficiência energética e custos médios de economia de energia.....	87



Contexto

A eficiência no uso da energia entrou definitivamente na agenda mundial a partir da crise no preço do petróleo nos anos 1970, quando ficou claro que o uso das reservas de energia fóssil teria custos crescentes, seja do ponto de vista econômico, seja do ponto de vista ambiental. Logo se reconheceu que um mesmo serviço poderia ser obtido com menor gasto de energia e, conseqüentemente, com menores impactos econômicos, ambientais, sociais e culturais.

Equipamentos e hábitos de consumo passaram a ser analisados considerando as possibilidades de uso racional da energia, tendo sido demonstrado que, de fato, muitas iniciativas que resultam em maior eficiência energética são economicamente viáveis, ou seja, o custo de sua implantação é menor do que o custo de produzir ou adquirir a energia cujo consumo é evitado.

Mais recentemente, a busca pela eficiência energética ganhou nova motivação. Além da perspectiva de custos mais elevados da energia de origem fóssil, a preocupação com as mudanças climáticas decorrentes da emissão de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera (em grande medida associada à produção e ao consumo de energia) trouxe argumentos novos e definitivos que justificam destacar a eficiência energética como estratégia custo-efetiva.

Essa preocupação também se justifica do ponto de vista da segurança energética, uma vez que as ações de eficiência energética e conservação de energia reduzem a demanda de necessária para satisfazer as necessidades socioeconômicas.

Em Minas Gerais, o crescente aumento da demanda energética oriunda do crescimento populacional, aumento da renda, crescimento da produção industrial, de serviços e agropecuário representa um desafio tanto para a segurança energética quanto para manutenção da intensidade de emissões de GEE da matriz energética estadual.

Ao se investir em eficiência energética, o estado pode reduzir os riscos financeiros oriundos da dependência dos combustíveis fósseis, gerando mais segurança no setor de energia e economia do estado como um todo, reduzindo assim custos a médio e longo prazo.

Conceitos e enfoque setorial

Para fins deste relatório, a eficiência energética é abordada por meio de **quatro setores principais**: indústrias em geral, transporte, setor residencial e setor de serviços e público.

A **energia final** é a quantidade de energia disponível ("cobrada") para o utilizador final. Ela permite caracterizar e quantificar a penetração das diferentes energias nos setores de



atividade. Trata-se, por exemplo, da eletricidade de uma casa ou da gasolina comprada no posto.

A **energia primária** é o conjunto de produtos energéticos não transformados, extraídos diretamente no território ou importados. Trata-se principalmente do petróleo, gás natural, combustíveis minerais sólidos (carvão), biomassa, radiação solar, energia hídrica, energia eólica, energia geotérmica e energia da fissão do urânio. Corresponde ao consumo final de energia, mais o consumo necessário para produzir a energia final. Para os combustíveis tem-se o mesmo valor de energia primária e de energia final.

A **energia secundária** é a energia obtida pela transformação da energia primária (especialmente a eletricidade térmica). Trata-se do diesel ou da gasolina que são produtos do processamento do petróleo em uma refinaria. Este é também o caso de etanol, o qual é produzido a partir da cana-de-açúcar.

Potencial de eficiência energética

A eficiência energética pode ser entendida como o uso de menos energia para fornecer o mesmo produto ou serviço. Por exemplo, algo que é mais eficiente energeticamente, se oferece mais serviços para a mesma entrada de energia, ou os mesmos serviços para menos entrada de energia. Por exemplo, quando uma lâmpada de LED utiliza menos energia do que uma lâmpada incandescente para produzir a mesma quantidade de luz, a primeira é considerada mais eficiente em termos energéticos¹.

Dessa forma, o potencial de eficiência energética está ligado diretamente às diferenças de intensidade energética dos processos e tecnologias associados à produção, conservação, transformação e distribuição da energia para seus respectivos consumidores. Para mensuração desses potenciais muitas vezes lança-se mão do uso de indicadores de eficiência energética que geralmente são compostos por um consumo de energia no numerador e um denominador como dados de atividade.

O consumo de energia pode ser expresso em várias unidades (kWh, joule, toneladas de equivalente de petróleo etc), enquanto os dados de atividade abrangem uma ampla gama de indicadores, como produção de cimento, área útil, passageiros-quilômetros, funcionários etc., que por sua vez podem ser mensuradas em diferentes unidades (toneladas, metros quadrados, quilômetros, número de funcionários etc.).

¹OECD/IEA - International Energy Agency. Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics. Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics. 2014.



Capítulo 1 – Consumo de energia final em Minas Gerais

Em 2010, a **demanda total** de energia no estado de Minas Gerais foi de **35,9 milhões de tep**, ou seja, **13,1%** da demanda total nacional. A demanda total inclui não só o consumo final, como também o consumo dos centros de transformação, perdas na distribuição e armazenagem e energéticos². O consumo final de energia foi de 1,4 tep *per capita* contra 1,04 tep *per capita* de média nacional³.

O estado de Minas Gerais tem experimentado um forte crescimento no consumo final de energia ao longo do período 1978-2010. De fato, o consumo **mais do que dobrou** nesse período, passando de 12,2 milhões de tep em 1978 para 27,4 milhões de tep em 2010, representando 13,8% do consumo interno do Brasil, uma queda em comparação com os últimos anos.



Figura 1 - Evolução do consumo de energia final no Brasil e em Minas Gerais, de 1978 até 2010 (Fonte: CEMIG, 2012 e EPE, 2011)

² CEMIG, 2012.

³ Cálculo a partir de dados do IBGE, BEEMG E BEN.



Distribuição por tipo de energia

As fontes de energia fóssil (petróleo e carvão) são responsáveis por quase 54% do consumo final de energia em Minas Gerais (Figura 2). Nota-se também que a lenha e os derivados associados (carvão vegetal) representaram 19,7% do consumo final de energia em Minas Gerais em 2011.

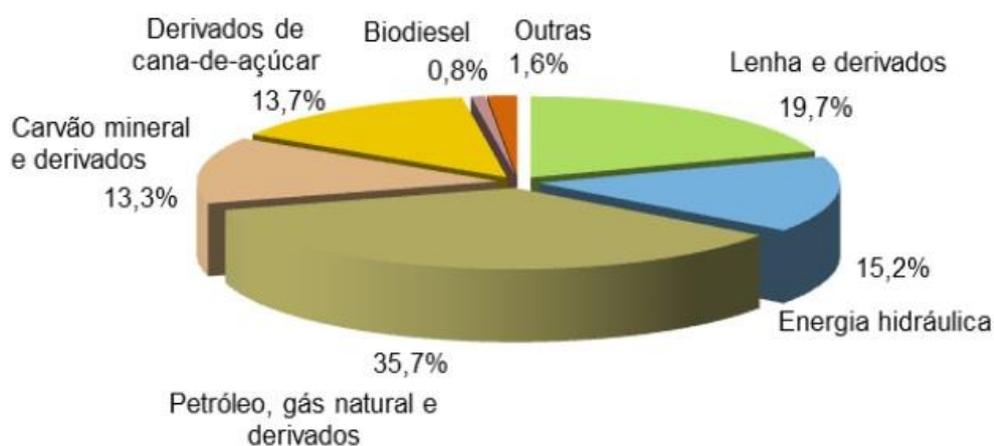


Figura 2 - Consumo de energia final por tipo de fonte, em 2011 (Fonte: CEMIG, 2012)

Distribuição por setor

A distribuição do consumo entre os setores e sua participação no consumo nacional em 2010 é apresentada na Tabela 1:

Tabela 1 - Distribuição do consumo de energia final por setor (Fonte: CEMIG, 2012)

Setor	Consumo de energia final 2010 (ktep)	Participação no consumo nacional 2010
Residencial	2.085	8,8%
Serviços	769	7,4%
Indústria	15.341	17,9%
Agropecuária	859	8,6%
Transporte	8.404	12,1%
Total	27.458	13,8%



Percebe-se por meio da Tabela 1 que a maior participação no consumo nacional em 2010 foi no setor industrial, contribuindo com 17,9%. A segunda maior contribuição foi do setor de transporte, com 12,1%. O setor residencial, serviços e agropecuária contribuíram com cerca de 8% cada um.

Nos capítulos seguintes são abordados mais detalhadamente o consumo de energia e o potencial de eficiência energética dos setores da indústria, do transporte, do residencial e dos serviços, que representam 97% do consumo estadual de energia em 2010.

Capítulo 2 – Potencial de eficiência energética na indústria

A indústria é o **maior consumidor de energia em Minas Gerais**, representando 56% do balanço total em 2010, consumo este de **15.341ktep**. A **indústria siderúrgica** ocupa uma posição importante, com um consumo de 8.513ktep, ou seja, **55%** do consumo do setor industrial. Na Figura 3 é mostrada a distribuição do consumo de energia final por subsetor industrial.

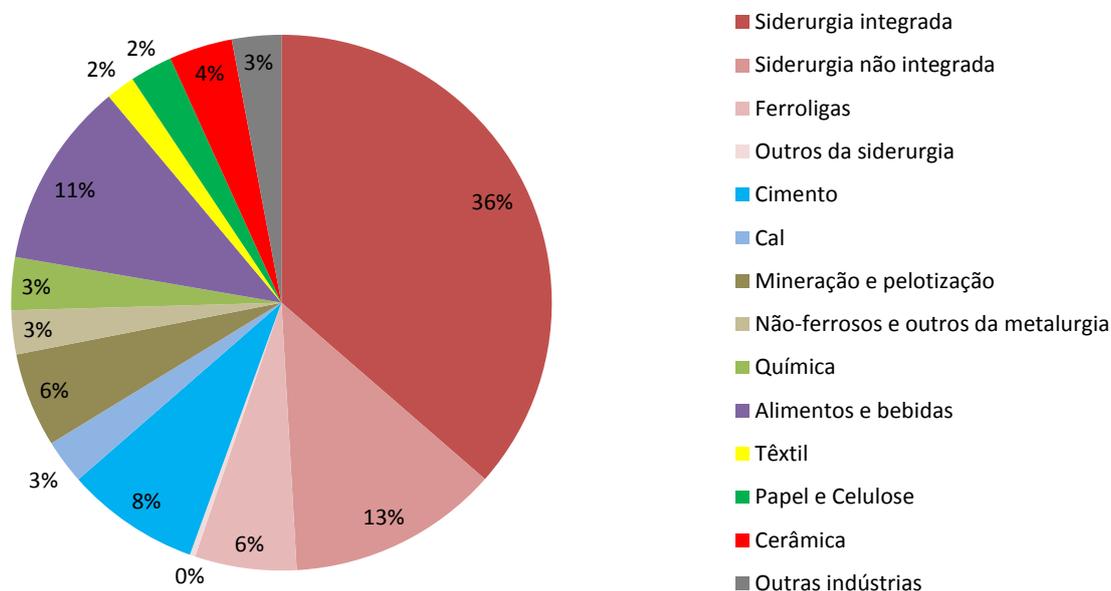


Figura 3 - Distribuição do consumo de energia final do setor industrial por subsetor em 2010. (Fonte: CEMIG, 2012)

O consumo final de energia está crescendo rapidamente, com um aumento de 2,5 vezes no período 1978-2010 conforme visto na Figura 4.

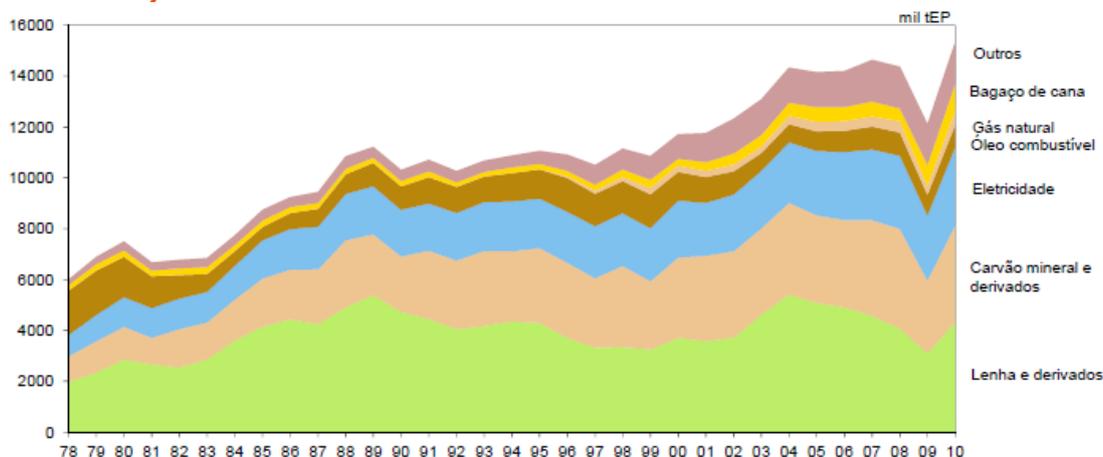


Figura 4 - Evolução do consumo de energia final do setor industrial. (Fonte: CEMIG, 2012)

O uso da lenha e do carvão vegetal representa a maior parte do consumo do setor, com quase 29% do consumo total em 2010. Além disso, mais de 90% deste recurso é consumido pela indústria siderúrgica.

Na Figura 5 é apresentada uma visão geral do consumo de energia por setores e subsetores. A lenha e seus derivados (carvão vegetal) são usados principalmente na siderurgia integrada e semi-integrada, mas também em proporções significativas em outros subsetores.

O carvão mineral é utilizado principalmente na siderúrgica integrada. A eletricidade, que representa 20% do consumo final de energia, é usada em vários subsetores.

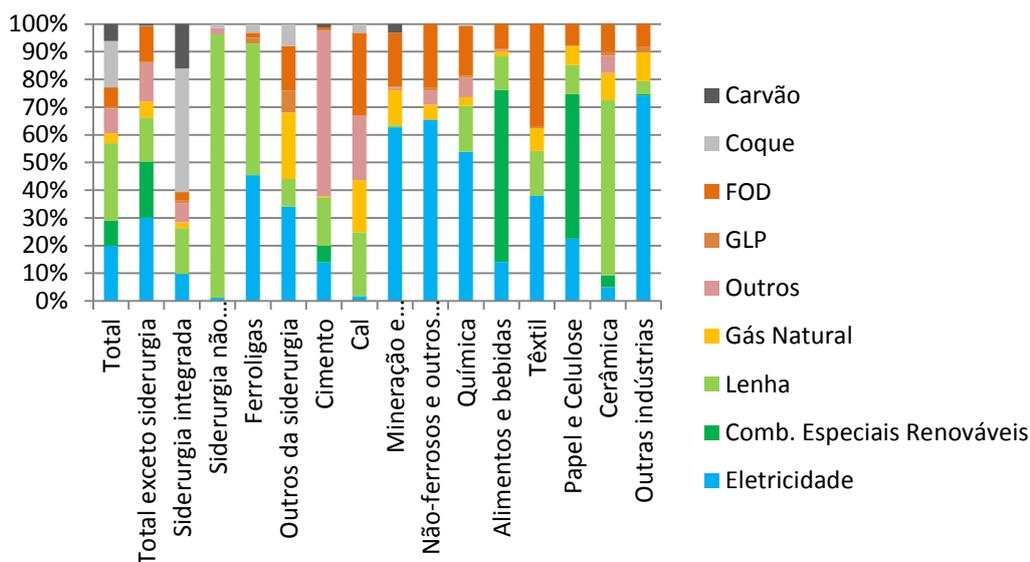


Figura 5 - Distribuição do consumo de energia por tipo na indústria de Minas Gerais em 2010. (Fonte: CEMIG, 2012).

Nota: FOD – first order decay; GLP – gás liquefeito de petróleo.



Subsetor Siderurgia

Contexto

A siderurgia é uma das atividades de maior intensidade energética, apresentando o consumo médio de 16 GJ por tonelada de aço produzido⁴. A produção nacional de aço bruto, em 2012, foi de 34,5 milhões de toneladas, distribuída por 29 usinas produtoras de aço em todo o país, sendo 14 integradas e 15 semi-integradas. A capacidade instalada é de 48,4 milhões de tonelada/ano.

O setor siderúrgico nacional pode ser dividido em três blocos: o primeiro, constituído pelas grandes empresas integradas, que executam a redução do minério de ferro, o refino e a laminação, participando de todo o processo produtivo do aço; o segundo formado pelas semi-integradas à base de aciaria elétrica, que executam apenas o refino e a laminação; e o terceiro, compreende as usinas não integradas dos produtores independentes, atuando com pequenos alto-fornos, fornecendo aos mercados, interno e externo, ferro gusa para alimentar as usinas semi-integradas. O Estado de Minas Gerais é o maior produtor de ferro-gusa em siderúrgicas não-integradas do Brasil.

O estado de Minas Gerais é o principal produtor de aço nacional, com um parque de 9 usinas siderúrgicas integradas operadas por 5 empresas. A produção, em 2011, foi de 11,7 milhões de toneladas de aço, sendo Minas Gerais responsável por cerca de 38,6% da produção total de aço bruto no Brasil, como indicado na Figura 6.

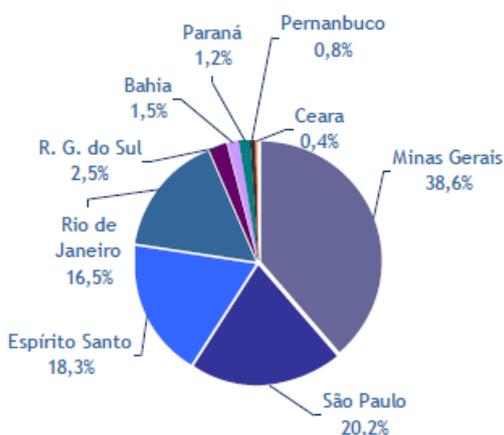


Figura 6 - Distribuição da produção de aço bruto por estado no Brasil. (Fonte: Instituto Aço Brasil, 2012)

⁴Instituto Brasileiro de Siderurgia (IBS)



As duas tecnologias existentes para a produção de aço (usinas integradas e semi-integradas), responderam por quase 90% do consumo de energia do setor em Minas Gerais, em 2010.

Consumo de energia e emissões de GEE

A siderurgia é responsável por cerca de 5% a 9% da energia consumida no Brasil. Mais de 70% das usinas brasileiras são à base de carvão mineral e coque, e com relação à energia elétrica, o setor é responsável por 10,5% do total do consumo do país, sendo 30% deste consumo proveniente de geração própria através dos gases gerados no processo produtivo⁵.

O consumo energético no subsetor tem perfis diferenciados dependendo da rota tecnológica utilizada. Considerando as usinas integradas, percebe-se que há uma grande variedade de insumos energéticos e o mais consumido é o coque de carvão mineral (Tabela 2). Na Figura 7, a distribuição das fontes consumidas em Minas Gerais apresenta-se com 41,2% de coque de carvão mineral, 16,9% de carvão vegetal, 11,8% de carvão metalúrgico, 9,7% de eletricidade, 6% de gás de coqueria e 14,4% de outras fontes energéticas.

Tabela 2- Evolução do consumo energético por fonte no setor de siderurgia integrada em Minas Gerais. (Fonte: CEMIG, 2012)

Fonte de energia	mil tep														
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Gás natural	67	65	60	63	71	82	78	86	80	93	105	135	110	112	313
Carvão energético	98	82	60	80	92	73	85	113	118	142	146	137	87	143	158
Carvão metalúrgico	247	270	183	471	528	525	513	569	556	581	815	851	499	755	677
Óleo diesel	10	80	90	80	90	7	7	6	6	6	10	80	4	4	7
Óleo combustível	61	28	29	26	62	60	78	65	74	122	154	158	138	156	95
Gás liquefeito de petróleo	43	49	60	81	97	93	89	91	94	92	86	78	62	69	16
Querosene	1	1	1	1	5	5	-	-	5	4	-	-	-	-	-
Gás de coqueria	385	374	335	343	338	339	356	386	370	338	334	335	241	276	346
Coque de carvão mineral	1810	2202	1860	2039	2145	2256	2258	2383	2263	2212	2235	2416	1849	2492	2372

⁵Instituto Brasileiro de Siderurgia (IBS)



Eletricidade	438	384	398	405	371	400	436	459	491	515	520	536	465	550	560
Carvão vegetal	605	628	612	554	511	638	606	640	785	790	744	825	629	922	972
Outras fontes secundárias ¹	79	76	126	101	122	131	121	149	117	68	138	149	88	110	242
Total	3844	4167	3733	4172	4351	4609	4627	4947	4959	4962	5288	5628	4171	5590	5758

¹ Coque verde de petróleo, nafta petroquímica, gás refinaria, alcatrão de coqueria e alcatrão de madeira

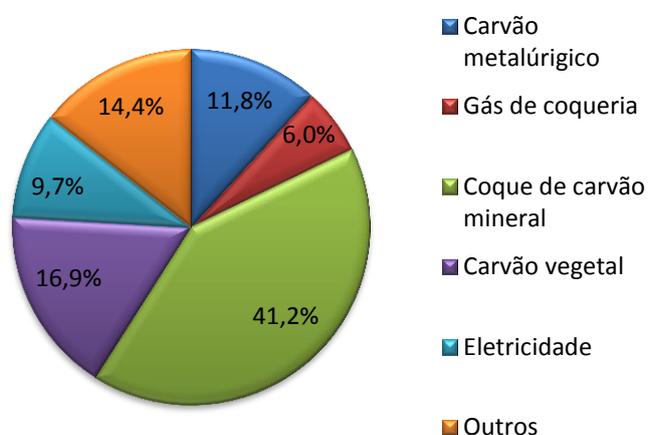


Figura 7- Distribuição das fontes energéticas consumidas na indústria siderúrgica integrada de Minas Gerais em 2011. (Fonte: CEMIG, 2012)

As usinas semi-integradas em Minas Gerais têm o consumo baseado numa variedade menor de insumos energéticos. A grande parte da energia consumida é por meio de carvão vegetal, sendo a principal fonte para a tecnologia semi-integrada. Portanto, percebe-se a partir da Figura 8 que o seu consumo é de 94,2%, seguido de outras fontes energéticas com 2,7%, coque de carvão mineral com 1,9% e eletricidade com 1,3%.

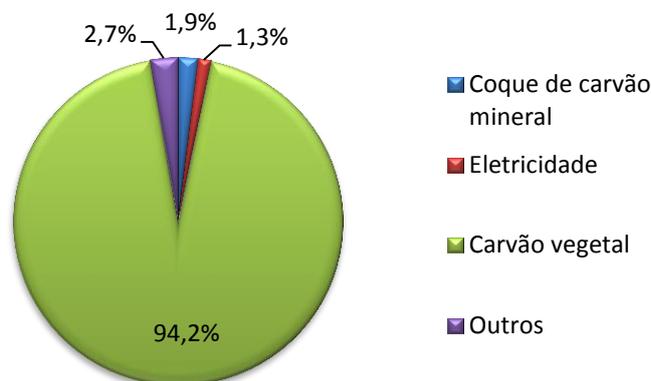


Figura 8 - Distribuição das fontes energéticas consumidas na indústria siderúrgica semi-integrada de Minas Gerais em 2011. (Fonte: CEMIG, 2012)

Com relação às emissões de GEE, as principais fontes de emissão de CO₂ na siderurgia estão relacionadas à redução do minério de ferro no alto-forno utilizando como energético o coque de carvão mineral⁶. Apenas em Minas Gerais, no ano de 2010, as emissões referentes ao subsetor siderúrgico contabilizaram **8.395 GgCO₂e** (incluindo ferro gusa e aço integrado, ferro gusa não integrado e outros da siderurgia), com a participação de **49%** das emissões de GEE totais do setor industrial⁷.

Potencial de eficiência energética

A eficiência energética no subsetor siderúrgico é amplamente influenciada pelo tipo de processo produtivo e pela quantidade de sucata na entrada da aciaria⁸. Um maior uso de fontes renováveis de energia e programas de eficiência energética são, em geral, instrumentos bastante eficazes para se diminuir a produção de vários tipos de resíduos, inclusive de gases que causam o efeito estufa⁹. Um exemplo é na coqueificação, em que se obtém como subproduto o gás de coqueria que é utilizado como insumo para a geração de energia para a própria planta industrial, assim como os gases dos altos-fornos.

Para a fundição, conforme dados do Procel (2010), os potenciais técnicos de conservação de energia térmica ocorrem no aquecimento direto via fornos, com **50.586 tep** e em vapor de

⁶Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (2013)

⁷Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (2013)

⁸IEA/OECD. International Energy Agency. Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics. Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics. 2014.

⁹ABM (2014)



processo, com **6.742 tep**. No caso da energia elétrica, o potencial de conservação advém da força motriz, com **65.881 tep**¹⁰.

Neste segmento já houve um investimento de R\$ 58,6 milhões, por meio de 12 projetos, sendo 25% deles projetos de cogeração, os quais obtiveram bons desempenhos através do aproveitamento dos gases de processo industrial. O custo médio de energia economizada foi de 55 R\$/MWh. Além da cogeração, outros projetos de conservação de energia foram: sistemas de iluminação, ar comprimido e uso de inversores¹⁰.

Os potenciais de conservação de energia térmica para o subsetor siderúrgico também estão presentes no processo de redução, utilizando a energia térmica presente nos gases de exaustão dos fornos, além das etapas de laminação a quente, coqueificação e refino¹¹.

Na Figura 9 é indicado o percentual de empresas que desenvolveram ações de projetos de eficiência energética. Para o subsetor siderúrgico houve medidas quanto à iluminação, fornos, caldeiras e estufas, inversor, ar comprimido, processo e equipamento, cogeração e recuperação de calor, reconstrução de demanda, entre outros. Com isso, a demanda evitada foi de **23.018 kW** e a energia economizada de **146.194 MWh/ano**.

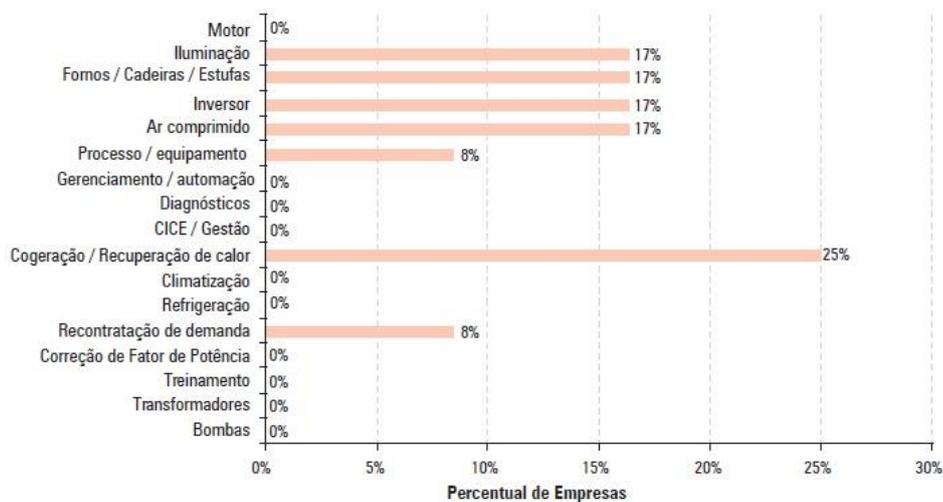


Figura 9 - Percentual de empresas do setor de siderurgia com ações de eficiência energética. (Fonte: PROCEL/CNI, 2010)

¹⁰ PROCEL/CNI – PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA/CONFEDERAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS. Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria. Sumário Executivo. 2010.

¹¹ Bajay (2008)



Barreiras associadas

Segundo a Confederação Nacional das Indústrias (CNI), as principais barreiras apontadas à implantação de ações em eficiência energética no setor são:

- Racionalização do uso de energia compete com outras prioridades de investimento. Dificuldade para viabilizar soluções de alto custo;
- Percepção de alto risco tecnológico para substituição dos equipamentos de grande porte utilizados no setor;
- Empresas de menor porte (ex: guseiros): acesso restrito a informações e corpo técnico necessita de treinamento para absorver novas tecnologias;
- Excessiva burocracia para liberação de recursos do Programa de Incentivo à Eficiência Energética Objetiva - PROESCO;
- Prioridade para a redução de riscos na ampliação de instalações de cogeração.

Outra barreira é relacionada ao uso de carvão renovável, devido à questões de logística de transporte e à disponibilidade da madeira, portanto são necessárias medidas adicionais para que haja uma contribuição maior do setor de siderurgia no uso de fontes renováveis.

Conclusões

A siderurgia tem grande importância socioeconômica para o estado de Minas Gerais que se destaca como o maior produtor de aço do Brasil. As usinas siderúrgicas são empreendimentos energointensivos, devido à significativa necessidade de energia térmica. O insumo energético mais consumido nas usinas integradas é o coque de carvão mineral e nas usinas não-integradas o carvão vegetal.

Algumas das soluções para a ampliação da eficiência energética são o uso de fontes renováveis de energia na substituição do coque, na utilização de fonte renovável na produção do carvão vegetal, na diminuição da geração de resíduos, regeneração e recuperação de resíduos, reutilização de resíduos e gases, novas tecnologias em fornos, gerenciamento e planejamento da produção, além de destacar boas práticas na indústria relativas à eficiência energética.

Cabe destacar também que o uso de carvão vegetal renovável como agente termorreduzidor pode promover reduções de emissões de gases de efeito estufa por duas formas: pela substituição do coque (mais intensivo em emissões) na planta siderúrgica e pela utilização de fonte renovável na produção do carvão vegetal (evitando o uso de carvão vegetal não renovável, oriundo de supressão de vegetação nativa).

Devido à falta de informações sobre as particularidades energéticas especificamente da indústria siderúrgica, não foi possível calcular o potencial numérico. Dessa forma, recomenda-se a elaboração de um estudo de potencial de eficiência energética específico para este subsetor a partir de uma abordagem *bottom-up* de modo a considerar as sinergias entre diferentes setores (Energia, Indústria e Mudança de Uso da Terra e Florestas).



Subsetor Alimentos e Bebidas

Contexto

O subsetor de alimentos e bebidas representa uma parte expressiva da indústria de transformação, que ocupa a primeira colocação em termos de valor bruto de produção (ABIA, 2008). Em 2013, obteve um faturamento de R\$ 484,7 bilhões e um crescimento nominal em valor de produção de 12,24% (ABIA, 2013).

Consumo de energia final e emissões de GEE

O subsetor apresentou, em Minas Gerais, no ano 2011, um consumo final de energia de 1.530 ktep, que representa 10,25% do consumo total da indústria no estado. No Brasil, esta porcentagem foi 27,03% em 2012. Na Figura 10 é ilustrada a evolução da distribuição do consumo de energia final por fonte, entre 1978 e 2011.

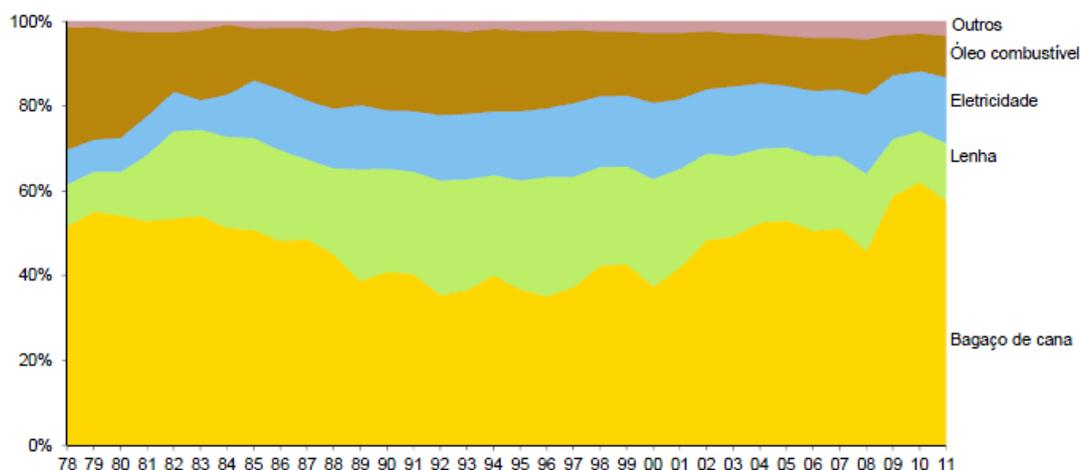


Figura 10 - Evolução da distribuição do consumo de energia final no setor de alimentos e bebidas por fonte de energia (Fonte: CEMIG, 2012)

Desde os anos 90, a matriz energética do setor se mantém relativamente estável, embora o bagaço de cana tenha tido acréscimo devido ao aumento do consumo e produção de açúcar. Também podemos perceber através do BEEMG (CEMIG, 2012) que, ao longo dos últimos 10 anos, o consumo total do setor aumentou em 194%. A distribuição do consumo de energia final no setor de alimentos e bebidas pode ser visto na Figura 11.

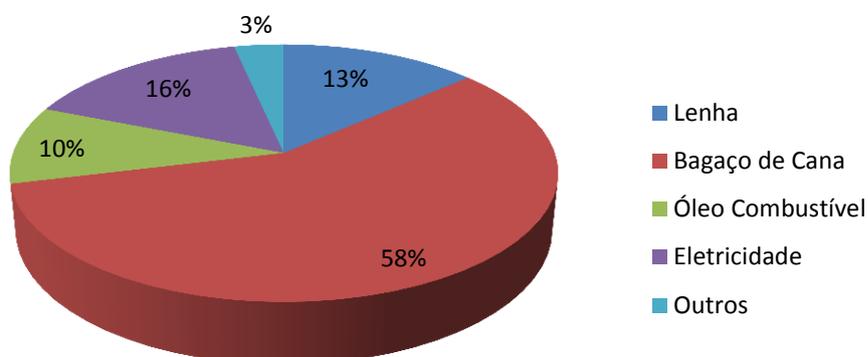


Figura 11 - Distribuição do consumo de energia final no setor de alimentos e bebidas por fonte de energia em 2011 no estado (Fonte: CEMIG, 2012).

De acordo com as estimativas estaduais, as emissões totais de GEE contabilizaram, em 2010, 123.434,3 Gg CO₂e¹². A indústria de alimentos e bebidas foi responsável por emitir cerca de 842,4 Gg CO₂e, que corresponde a 0,68% do total de emissões apuradas no período. No setor industrial, esse valor equivale a 4,9%.

Uso da energia

De uma forma resumida, as principais operações consumidoras de **energia térmica** na indústria de alimentos e bebidas são: secagem; processos de separação (evaporação e destilação); cozimento e esterilização com aplicação de calor.

Já as principais operações consumidoras de **energia elétrica** na indústria de alimentos e bebidas são: refrigeração, resfriamento e congelamento (na maior parte dos casos por compressão mecânica de vapor); pressurização mecânica do produto através dos bocais; moagem, trituração ou pulverização e bombeamento dos fluidos.

Para operações que utilizam energia térmica, as fontes de energia mais consumidas são lenha e óleo combustível conforme pode ser visto na Figura 12 e Tabela 3. **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

¹² Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais – Ano Base 2010.

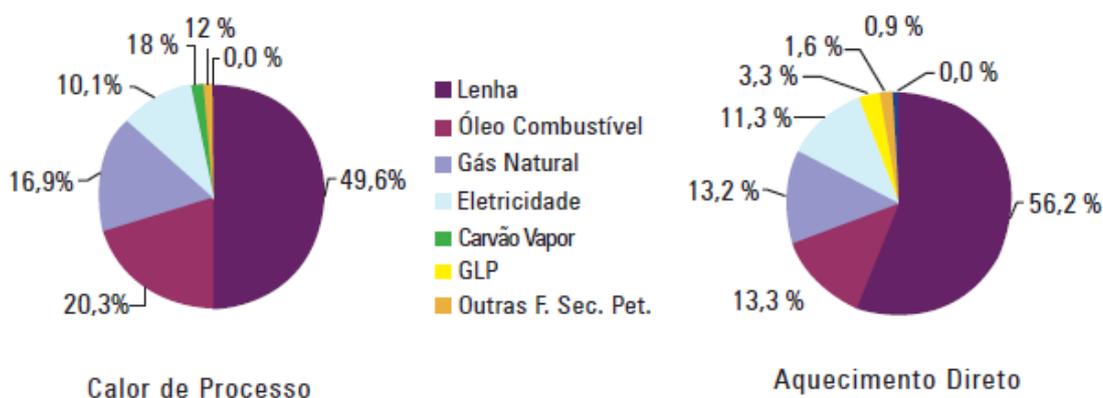


Figura 12 - Distribuição das energias usadas nos dois principais usos finais na indústria de alimentos e bebidas (excl. açúcar) (Fonte: PROCEL/CNI, 2010).

Tabela 3 - Distribuição, por usos finais, do consumo, em mil tep, dos energéticos utilizados na indústria de alimentos e bebidas, excluída a fabricação de açúcar, em 2004 (Fonte: Procel, 2010, op.cit.).

Energéticos	Alimentos e bebidas, excluindo a fabricação de açúcar						
	Força motriz	Calor de Processo	Aquecimento direto	Refrigeração	Iluminação	Processo Eletroquímico	Outros
Gás natural	0,0	328,4	162,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Carvão vapor	0,0	35,5	12,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Lenha	0,0	965,1	807,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Produtos da cana	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Óleo diesel	70,2	1,5	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Óleo combustível	0,0	394,1	190,8	21,2	0,0	0,0	0,0
GLP	24,1	0,0	47,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Eletricidade	461,6	196,6	189,1	463,4	58,5	0,0	0,0
Outras fontes sec. petr.	0,0	23,6	23,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	55,9	1.994,7	1.434,9	484,7	58,5	0,0	0,0



Potencial de eficiência energética

De acordo com Procel (2010), existem estudos de casos para vários segmentos do ramo industrial. Foram realizados 217 projetos de eficiência energética, sendo que, desses, 35 foram para a indústria de alimentos e bebidas.

Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** são mostradas quais foram as ações e usos finais analisados.

Tabela 4 - Uso final e ação (Fonte: PROCEL/CNI, 2010).

Ação e Uso Final	Tipo
Motor	Substituição de motores padrão por motores de alto rendimento
Iluminação	Substituição do sistema de iluminação, incluindo troca de lâmpadas, luminárias e reatores; Aproveitamento da luz natural.
Ar comprimido	Substituição de compressores; gerenciamento de compressores; correção de vazamentos.
Gerenciamento/ automação	Instalação de equipamento gerenciador de demanda; instalação de sistemas de automação
Inversor	Uso do inversor de frequência para acionamento de motores com carga variável
Diagnósticos	Realização de diagnóstico energético
Processo/ equipamento	Modificações em processos ou equipamentos específicos
Fornos/ Caldeiras/ Estufas	Modificações no acionamento de fornos elétricos; alterações em caldeiras ou estufas
Climatização	Substituição de <i>chiller</i> ; alterações no sistema de controle de ar condicionado central; uso de Termoacumulação; alterações em equipamentos de ventilação
Correção do Fator de Potência	Instalação de bancos de capacitores; uso de gerenciador de demanda para monitoração e controle do fator de potência
Bombas	Alterações construtivas em bombas; aplicação de inversores de frequência
Cogeração / Recuperação de calor	Instalação de sistemas de cogeração com caldeiras de alta pressão, turbina a vapor ou ciclo combinado com turbina a gás
CICE/ Gestão	Implantação de CICE; uso de medidas gerenciais sobre



	o uso da energia
Recontratação de demanda	Projetos onde a medida principal foi a reconstrução de demanda
Refrigeração	Modificação de sistemas de refrigeração com amônia
Transformadores / SE	Desligamento de transformadores devido ao remanejamento de carga ou instalação de cabines de subestações primárias

Para indústria de alimentos e bebidas o custo médio da energia conservada (CEC) foi de 73 R\$/MWh e o custo médio por projeto (CMP) foi R\$ 361.158. Para cada projeto, em média, a demanda evitada foi 437 kW e a energia economizada foi 1.169,54 MWh/ano. Nesse segmento economizou-se 41 GWh/ano conforme o estudo.

Na Figura 13 é indicado o percentual de empresas por ações e usos finais. Percebe-se que motor, iluminação, inversor e ar comprimido são as ações e usos finais que se adaptaram a um maior número de empresas, as demais foram utilizadas em um número menor.

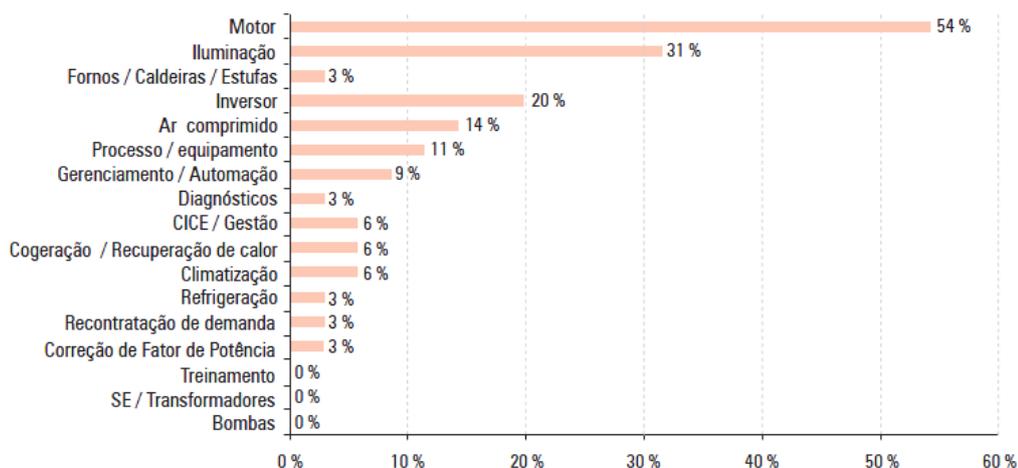


Figura 13 - Percentual de empresas do setor de alimentos e bebidas com ações de eficiência energética. (Fonte: PROCEL/CNI, 2010)

O consumo e o potencial de conservação de energia elétrica nas principais cadeias da indústria de alimentos e bebidas no Brasil também foram avaliados pelo Procel (2010) e podem ser vistos na Figura 14.

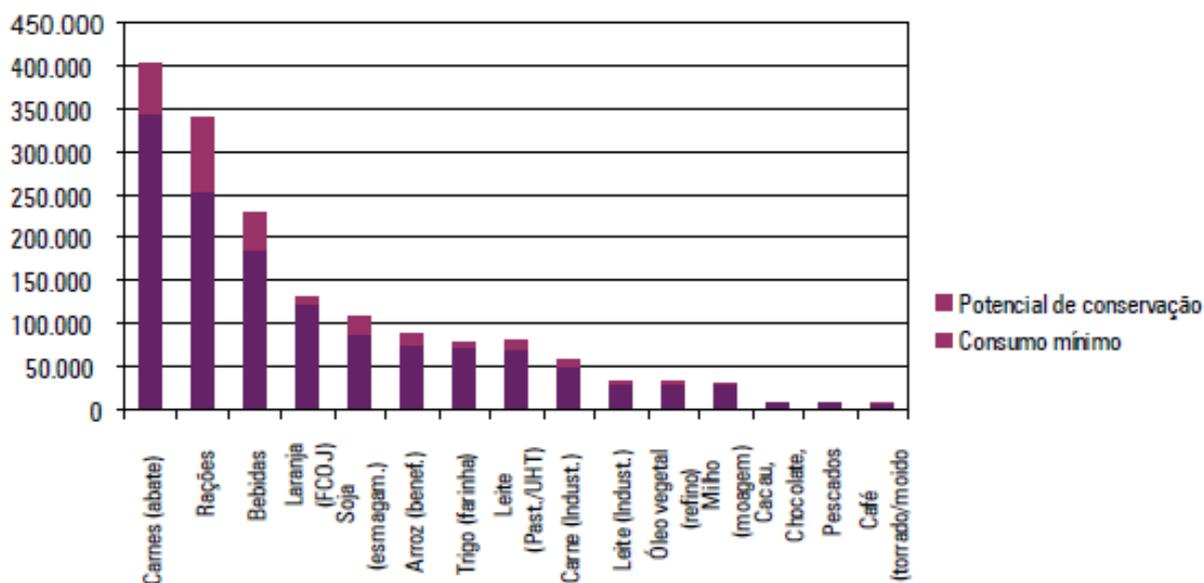


Figura 14 - Consumo e potencial de conservação de energia elétrica, em tep, nas principais cadeias da indústria de alimentos e bebidas no Brasil, em 2004 (Fonte: PROCEL/CNI, 2010)

Na Figura 15 é fornecida uma discriminação por uso de consumo final de energia e potencial técnico associado em Minas Gerais. Percebe-se que iluminação e força motriz são os usos que apresentam melhor potencial, com 44% e 16%, respectivamente. Já a refrigeração apresenta apenas 7%.

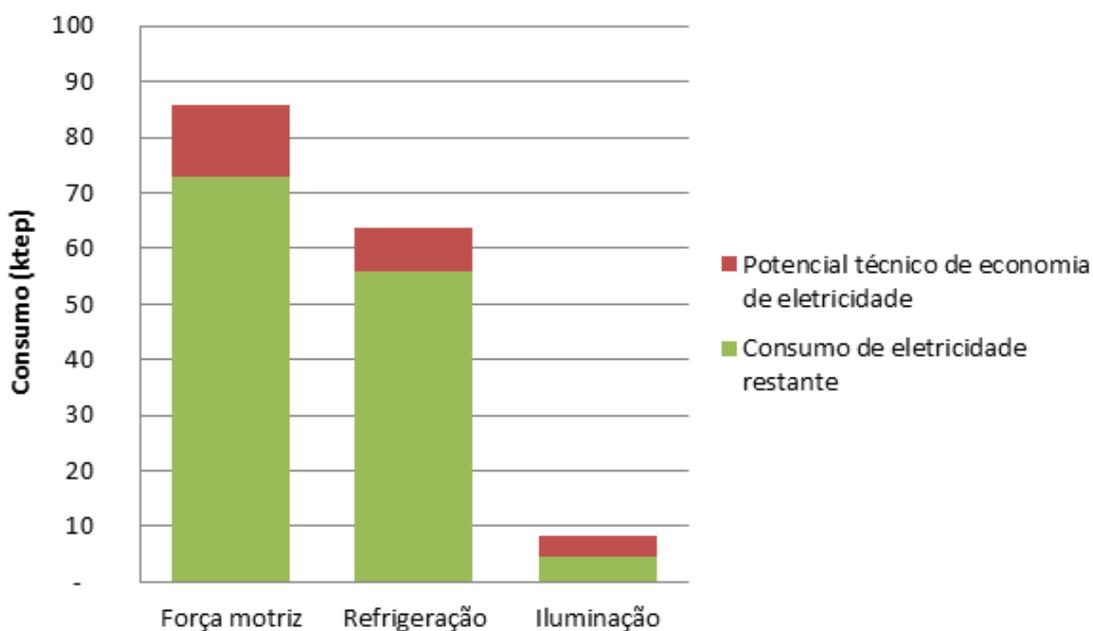


Figura 15 - Consumo e economia técnicas de energia potencial em Minas Gerais para Indústria de alimentos e bebidas (Fonte: Elaboração própria)



Barreiras associadas

O setor pode ser considerado pulverizado e fragmentado e é neste contexto que as barreiras à implantação de ações em eficiência energética se inserem. As principais barreiras são a falta de incentivos claros que estimulem empresas a investirem nesse tipo de ação; dificuldade de acesso às linhas de financiamento dos empresários de pequeno e médio porte; ausência de estrutura legal e de incentivos fiscais para cogeração ou produção de energia independente, embora haja uma prospecção positiva de mudança para os anos futuros; e indisponibilidade de certas tecnologias para pequenas empresas.

Conclusões

A indústria de alimentos e bebidas é um setor importante para economia, principalmente no que tange a indústria de transformação. Possui consumo de energia e emissão de GEE moderados.

Os maiores consumos de eletricidade referem-se ao abate de animais e fabricação de produtos cárneos, produção de rações e fabricação de bebidas. Já o principal uso final da energia é na forma de calor de processo, seguido pelo aquecimento direto, força motriz e refrigeração.

Os principais potenciais técnicos de eficiência energética calculados se concentram em ações para motores, iluminação, inversores e ar comprimido. Já as cadeias produtivas de carne (abate), rações, e de bebidas, por apresentarem os maiores consumos de energia elétrica, também apresentaram os maiores potenciais de economia de energia.

O bagaço de cana constitui o insumo energético mais usado nesse setor e a geração de energia a partir dessa fonte custa em média **101 R\$/MWh** (Cesaretti, 2010). Como visto, o CEC da indústria de alimentos e bebidas é de **73 R\$/MWh**. Esses valores evidenciam que investir em eficiência energética é mais barato que produzir energia para este segmento industrial.

Considerando que, em Minas Gerais, o maior potencial para eficiência energética nesse setor se encontra nos usos de iluminação, 44%, e força motriz, 16%, medidas como a criação de incentivos que visem alcançar esses potenciais são oportunas.



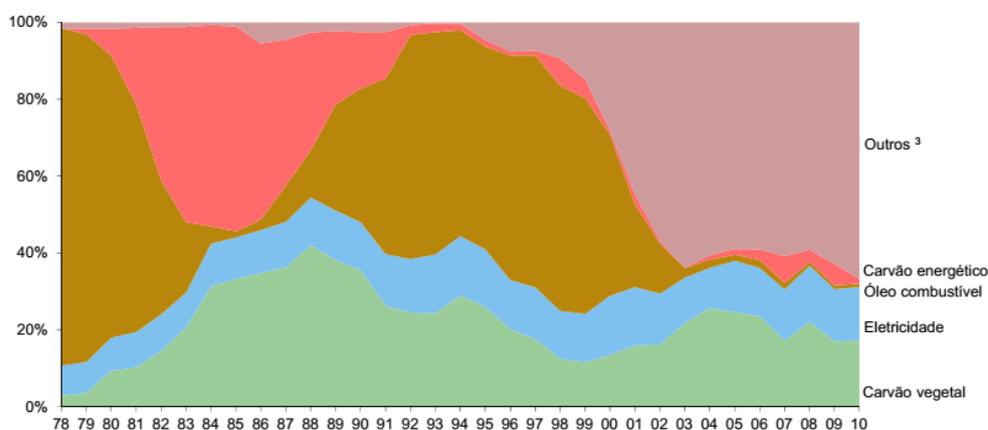
Subsetor Cimento

Contexto

O setor cimenteiro é um dos mais intensivos com relação ao consumo energético, sendo o 8º maior consumidor de energia dentre todos os segmentos industriais, segundo o Procel (2010). O Brasil é o 6º maior produtor de cimento do mundo e, em 2012, atingiu uma produção de **68,8 milhões de toneladas**. A maior parte da produção do país encontra-se na região Sudeste que, em 2012, produziu **33,6 milhões de toneladas** de cimento Portland, sendo o estado de Minas Gerais o maior produtor de cimento nacional (SNIC, 2012).

Consumo de energia e emissões de GEE

O setor cimenteiro, responsável por 8% do consumo industrial total de Minas Gerais, contra 4% em todo o Brasil, apresentou um consumo de energia final de **1.232 ktep** em 2010. Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA/OECD, 2007), de 20 a 40% do custo do cimento são devido ao consumo energético. Na Figura 16 é ilustrada a evolução da distribuição do consumo de energia final por fonte, entre 1978 e 2010.



³ Refere-se a soma de outras fontes primárias e outras fontes secundárias

Figura 16 - Evolução da distribuição do consumo de energia final no setor de cimento, em porcentagem total. (Fonte: CEMIG, 2012)

Desde o ano 2000, houve uma significativa diminuição no consumo de óleo combustível. Em contrapartida, percebe-se que houve um aumento no consumo de outras fontes secundárias, representada pelo coque verde de petróleo, nafta petroquímico, gás de refinaria, alcatrão de coqueria e alcatrão de madeira, assim como um grande volume de resíduos para coprocessamento. O preço do óleo combustível foi a principal causa desta substituição de energéticos, já que as fontes secundárias são mais competitivas.



Em 2011, como ilustrado na Figura 17, os energéticos mais utilizados foram as fontes secundárias, com participação no consumo final de 56,4%, seguido do carvão vegetal (18,4%), eletricidade (12,4%) e carvão energético (7,8%). As fontes primárias, representadas pelo licor negro e resíduos de biomassa industrial e agrícola, somaram 3,9%. O gás natural, óleo diesel e óleo combustível contribuíram juntos com apenas com 1,1%.

O processo de clínquerização utiliza a maior parte da energia da fase de produção do cimento, consumindo cerca de 95% da energia térmica e 29% de eletricidade (85% do consumo total de energia). A moagem do clínquer, por sua vez, é responsável por cerca de 40% da eletricidade consumida por uma instalação típica.¹³

Devido à versatilidade de tipos de energéticos que podem ser usados para suprir as altas temperaturas dos fornos das indústrias de cimento, o setor tem procurado "combinações de combustíveis baratos como resíduos, com o poder calorífico adequado, disponíveis nas proximidades das plantas" (PROCEL/CNI, 2010). De acordo com a Deliberação Normativa COPAM nº 154 de 2010, os resíduos para coprocessamento deverão apresentar um poder calorífico inferior (PCI) de 2.000 kcal/kg.

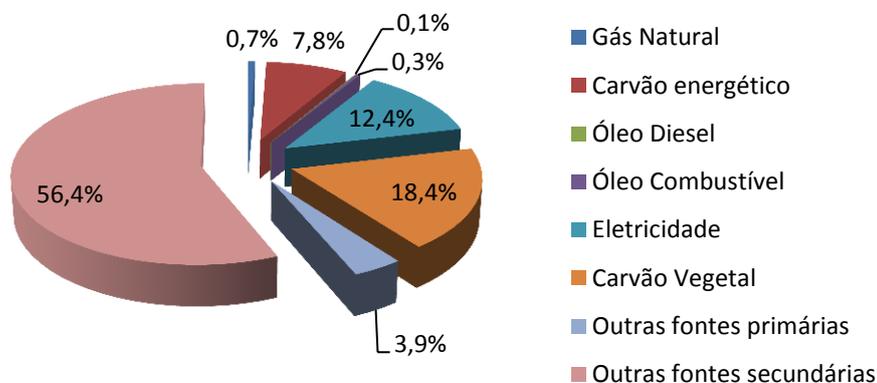


Figura 17 - Distribuição do consumo de energia final no setor cimenteiro, por fonte de energia, em 2011. (Fonte: adaptado de CEMIG, 2012)

¹³Soares 1998



Atualmente, um dos maiores desafios do setor cimenteiro é a redução da emissão de CO₂ de seu processo produtivo, já que na fabricação do cimento são produzidas cerca de **5% das emissões globais** causadas pelo homem (IEA/WBCSD, 2009).

Apenas em Minas Gerais, as emissões referentes ao subsetor cimenteiro somaram **2.549,2 GgCO₂e**, com participação de **14,9%** das emissões totais do setor industrial, de acordo com o Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (FEAM, 2014).

Usos da energia

A indústria cimenteira é intensa em consumo energético, devido aos diversos processos que necessitam de energia elétrica ou térmica. Segundo o PROCEL (2010), os usos finais relacionados à indústria de cimento são:

- Força motriz, que é usada em motores estacionários ou em veículos de transporte;
- Calor de processo, utilizado na forma de vapor de processo para caldeiras, aquecedores de água ou ainda para circulação de fluidos térmicos;
- Aquecimento direto para os fornos, fornalhas, radiação, aquecimento por indução e microondas;
- Iluminação, para iluminação interior e externa;
- Refrigeração, para equipamentos de refrigeração e ar condicionado, tanto de ciclo de compressão ou de absorção;
- Outros usos finais, para equipamentos de escritório, equipamentos eletrônicos de controle e telecomunicação.

É apresentada na Tabela 5 a distribuição percentual do uso de fontes de energia no setor cimenteiro. O gás natural, carvão vapor, carvão metalúrgico, GLP, coque de carvão mineral, carvão vegetal e outras fontes secundárias do petróleo são utilizados apenas para o aquecimento direto. O óleo combustível é utilizado tanto para aquecimento direto (83,8%) quanto para calor de processo (16,2%). O óleo diesel é utilizado apenas para força motriz e outras fontes primárias apenas para calor de processo. A eletricidade é o energético mais multifuncional, pois pode ser utilizada para força motriz (98,4%), iluminação (1,3%), refrigeração (0,2%) e outras (0,1%).

Tabela 5 - Consumo de energéticos utilizados na indústria de cimento no Brasil em 2004. (Fonte: PROCEL/CNI, 2010)

Energético	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento direto	Iluminação	Refrigeração	Outras	Soma
Gás natural	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Carvão vapor	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0



Carvão metalúrgico	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Outras fontes primárias	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Óleo diesel	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Óleo combustível	0,0	16,2	83,8	0,0	0,0	0,0	100,0
GLP	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Coque de carvão mineral	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Eletricidade	98,4	0,0	0,0	1,3	0,2	0,1	100,0
Carvão vegetal	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Outras fontes secundárias do petróleo	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	--	100,0

Na Figura 18 é apresentada a faixa percentual dos usos finais de energia na indústria de cimento. Percebe-se que a maior parcela do consumo de energia é associada ao aquecimento direto, que representa 79,3% dos usos finais. A força motriz e o calor de processo representam um uso de 12,4% e 8,2%, respectivamente. Já a iluminação apresenta o menor uso na indústria cimenteira, de apenas 0,1%.

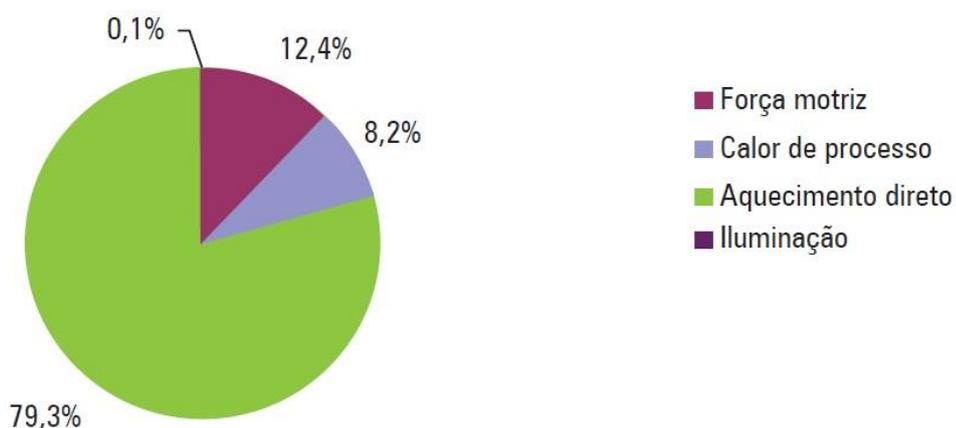


Figura 18 – Usos finais de energia associados ao setor de cimento no Brasil. (Fonte: CNI, 2010)



Potencial de eficiência energética

Em 2005, a Agência Internacional de Energia estimava em **25% o potencial técnico de eficiência energética no setor cimenteiro** em nível mundial. Em médio prazo (2015-2030), o potencial viável foi estimado em **15%**.

Como pode ser observado na Figura 19, o Brasil, comparado a outros países produtores de cimento, possui um baixo potencial de redução de CO₂.

Potencial de redução de CO₂ em 2006 (Mt CO₂/ano)

CO₂ saving potential 2006 (Mt CO₂/yr)*

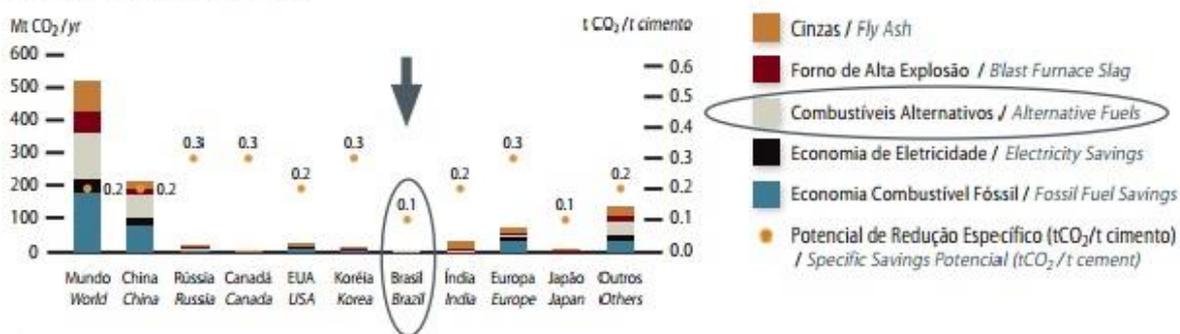


Figura 19 - Potencial de redução de CO₂ para o setor cimenteiro. (Fonte: IEA/WBCSD, 2009)

De acordo com o Ministério de Ciência e Tecnologia (2010), certas medidas são adotadas para que o Brasil se mantenha com um baixo potencial de redução, como:

- **Cimentos com adições:** são usados como materiais adicionais as escórias siderúrgicas, cinzas volantes, pozolanas artificiais e fíler de calcário. Além de diversificar as características dos tipos de cimento ocasiona as reduções de emissões de CO₂. O aproveitamento destes subprodutos e matérias-primas é feito no Brasil há mais de 50 anos, porém somente agora esta sendo adotada no mundo;
- **Parque industrial moderno e eficiente:** O Brasil possui um parque industrial moderno e eficaz com relação às emissões de GEE e uso energético. A grande maioria da produção de cimento é feita por via seca, processo que apresenta a redução de até 50% de uso de combustíveis com relação a outros processos. Há também o reaproveitamento dos gases de saída do forno nos pré-aquecedores e pré-calcinadores, diminuindo o consumo de combustíveis.
- **Combustíveis alternativos:** Utilização de combustíveis alternativos, através do coprocessamento de resíduos para o aproveitamento no forno de clínquer, como resíduos dos fornos de clínquerização, escórias siderúrgicas, cinzas volantes, pneus inservíveis, tintas, plásticos e óleos.



O potencial de conservação de energia térmica e energia elétrica na preparação da matéria-prima, na clínquerização e na produção dos diferentes tipos de cimento no Brasil, podem ser vistos na Tabela 6. Percebe-se que o maior potencial de conservação de energia térmica é no processo de clínquerização e o maior potencial de conservação de energia elétrica é na preparação da matéria-prima.

Tabela 6 - Potencial técnico de eficiência energética para o Brasil (Fonte: CNI, 2010)

Segmento	Produto/ Processo	Potencial de Conservação de Energia (tep)			
		Energia térmica		Energia elétrica	Total por produto
		Aquecimento direto	Calor de processo	Força motriz	
		Fornos			
Cimento	Preparação de matérias-primas	0	6.044	107.605	113.649
	Clínquerização	658.817	0	9.065	667.882
	Moagem do cimento - CPI	0	0	96	96
	Moagem do cimento - CPII	0	0	10.061	10.061
	Moagem do cimento - CPIII	0	0	1.901	1.901
	Moagem do cimento - CPIV	0	0	2.614	2.614
	Moagem do cimento -CPV	0	0	6.431	6.431

Aplicando-se o mesmo potencial de economia de energia, estima-se em **209 ktep** o potencial de conservação de energia no setor do cimento de Minas Gerais conforme Figura 20:

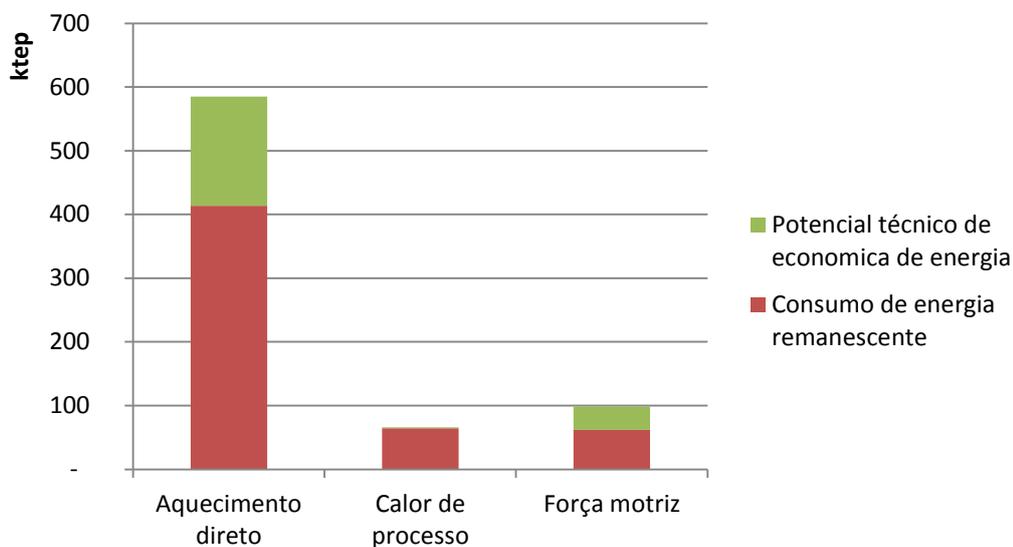


Figura 20 - Potencial de conservação de energia em Minas Gerais. (Fonte: Elaboração própria)

.Barreiras associadas

Segundo o PROCEL (2010) as principais barreiras apontadas à implantação de ações em eficiência energética no setor cimenteiro são:

- Aplicações de medidas de eficiência energética nos principais equipamentos do processo depende das escassas paradas técnicas;
- Condições de financiamento consideradas pouco vantajosas e de retorno muito longo devido ao baixo custo de energia utilizada no setor.

Conclusões

O setor cimenteiro é de grande importância para a economia estadual, sendo Minas Gerais o maior produtor de cimento do país. A maioria das indústrias de cimento brasileiras se encontram em alto nível tecnológico e já estão em processo de melhoria com relação à eficiência energética.

O potencial de conservação de energia térmica é estruturado em torno do processo de clínquerização, no qual a energia térmica é utilizada para aquecimento direto e queima da matéria-prima nos fornos. O maior potencial de conservação de energia elétrica está na preparação da matéria-prima. Segundo o CNI (2010), o potencial de economia de energia elétrica considerado está em torno do:

- Aumento da automatização (3% de economia);
- Uso de sistemas automáticos para empacotamento de cimento (25% menor);
- Uso de britagem híbrida com moinhos de rolo e de bola;
- Aumento no uso de moinhos verticais (20% menor);



- Utilização de silos de armazenamento mais modernos (redução de 50%);
- Resfriadores de clínquer mais eficientes (15% de economia);
- Uso de separadores dinâmicos mais eficientes;
- Desenvolvimento de estudos sobre moagem de clínquer baseado na microestrutura cristalina.

O estado de Minas Gerais tem um potencial técnico de eficiência energética estimado em **209 ktep**. A partir do potencial calculado para o estado e do custo de energia conservada, pode-se dizer que o custo total para tornar o subsetor de cimento mais eficiente é de **R\$ 144.828.640**.



Subsetor Ferroligas

Contexto

As ferroligas são ligas concentradas de ferro e um ou mais metais, não metais ou semimetais, tais como silício, manganês, fósforo, magnésio, níquel, nióbio, cálcio, dentre outros. Geralmente recorre-se às ligas para proporcionar aos metais determinadas propriedades mecânicas, térmicas, elétricas, magnéticas ou anticorrosivas. Existem, além das ferroligas, silício metálico, carbureto de cálcio, ligas Ca-Si e outras ligas a base de silício.

De acordo com Leite (2010), existem quatro principais ligas na indústria brasileira:

- Ferro-manganês (Fe-Mn): utilizadas em praticamente todos os tipos de aço e fundidos de ferro, por sua capacidade dessulfurização;
- Ferrossilício (Fe-Si): conhecidas como FeSi 75% Standard, são utilizadas para produção de aços desoxidantes e elemento de liga, elemento deliga de aço com propriedades desoxidantes, além do uso como agente grafitizante na indústria de fundição;
- Ferrocromo (Fe-Cr): usadas de 15 a 18% de sua composição na produção de aço inoxidável em indústrias siderúrgicas e na produção de aços especiais;
- Ferroníquel (Fe-Ni): usadas principalmente na produção de aço inoxidável.

Consumo de energia e emissões de GEE

O setor de ferroligas consumiu, no ano de 2006, cerca de **2%** da energia total consumida pela indústria no Brasil. Nessa época, o parque industrial brasileiro do subsetor industrial era composto por 83 fornos de ferroligas, com capacidade de produção de 1.344 mil toneladas, para um potencial de **1.225 MW** de acordo com o Ministério do Meio Ambiente.

Em Minas Gerais, o setor representa **6%** do consumo total da indústria mineira. Este consumo foi de **933 ktep** em 2010. Na Figura 21 é ilustrada a evolução da distribuição do consumo de energia final de energéticos entre 1997 e 2011.

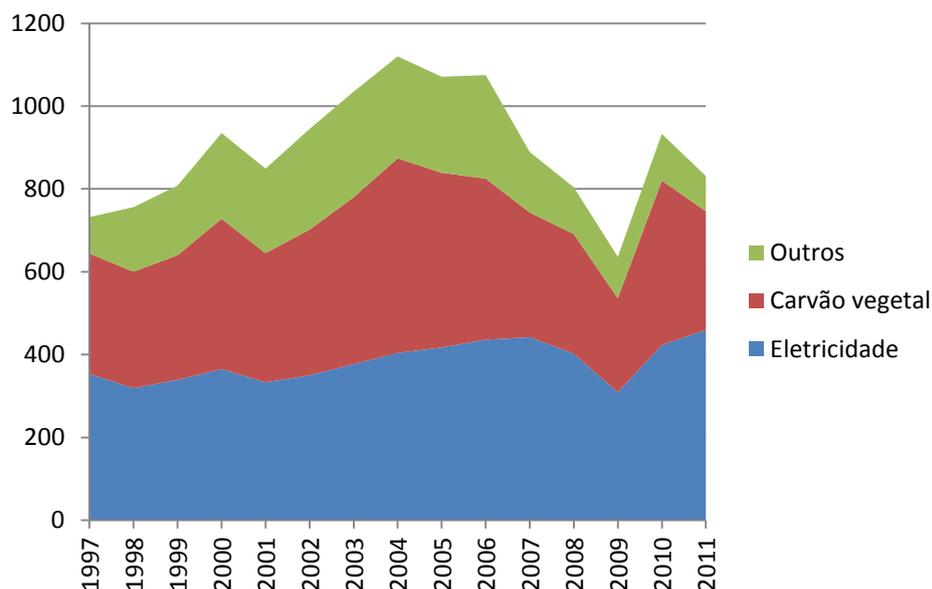


Figura 21 - Evolução da distribuição do consumo de energia final de energéticos entre 1997 e 2011.
(Fonte: adaptado de CEMIG, 2012).

Percebe-se que o energético de maior consumo foi a energia elétrica, que representou 55% do consumo total no setor em 2011, seguido por carvão vegetal, com 35%, e outras fontes (carvão energético, lenha, óleo diesel, óleo combustível, GLP, coque de carvão mineral e outras fontes secundárias), com 10% (Figura 22).

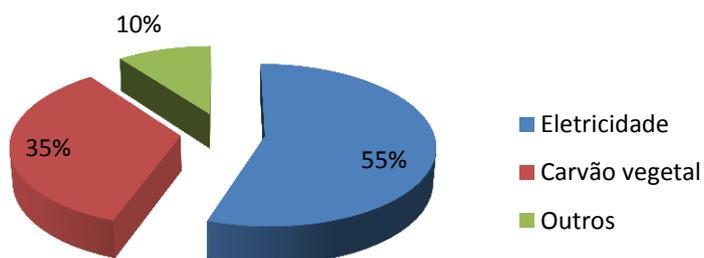


Figura 22 - Distribuição do consumo de energia final no setor de ferroligas, por fonte de energia, em 2011. (Fonte: adaptado de CEMIG, 2012)

Na Figura 23 é ilustrada a produção de ferroligas de 2001 a 2006 no Brasil. Durante este período a produção do ferromangânês mais do que dobrou, a quantidade produzida de ferro-níquel praticamente se manteve a mesma e houve pequenas variações na produção de ferrossilício, ferrocromo e especiais.

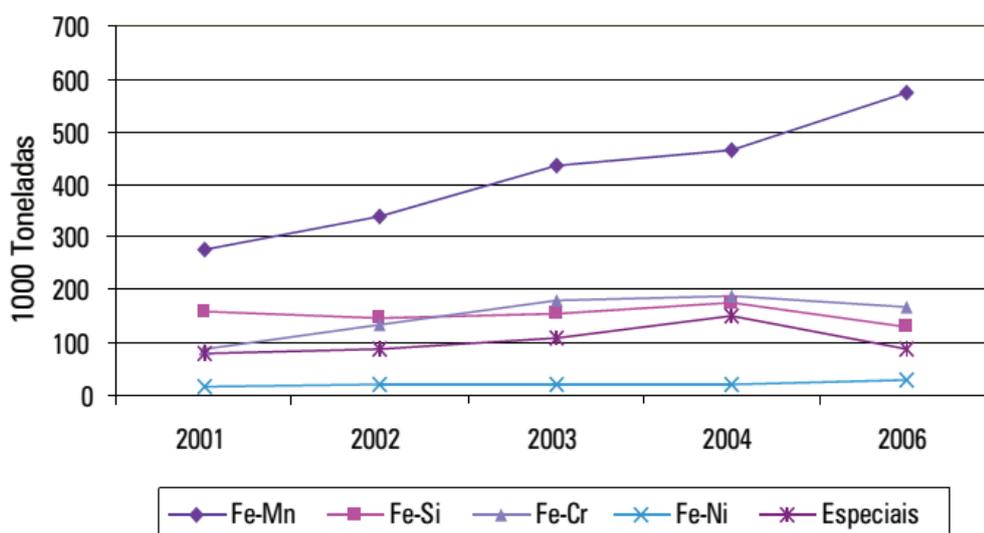


Figura 23 - Evolução da produção de ferroligas no Brasil. (Fonte: LEITE, 2010)

No Estado de Minas Gerais, no ano de 2010, as emissões de GEE referentes ao subsetor de ferroligas foram estimadas em **588 GgCO₂e**, com a participação de **3,4%** das emissões totais do setor industrial, de acordo com o Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (FEAM, 2014). Segundo a Associação do setor, há um superávit de mais de 800 mil toneladas de CO₂/ano, se adotada uma abordagem de balanço de carbono (emissões e remoções) (ABRAFE, 2014).

Usos da energia

A indústria de ferroligas tem uso intenso de energia, devido aos processos de transformação em sua fabricação, como a fusão e redução das matérias-primas. Segundo o PROCEL (2010), os usos finais relacionados à indústria de ferroligas são:

- **Força motriz:** energia usada em motores estacionários ou de veículos de transporte individual ou coletivo, de carga, tratores, entre outros;
- **Aquecimento direto:** energia usada em fornos, fornalhas, radiação, aquecimento por indução, condução e micro-ondas;
- **Refrigeração:** energia usada em geladeiras, freezers, equipamentos de refrigeração e ar condicionado tanto de ciclo de compressão ou de absorção;
- **Iluminação:** energia utilizada em iluminação de interiores e externa.

Na Tabela 7 apresenta-se a distribuição percentual do uso de fontes de energia no subsetor. O gás natural, a lenha, o óleo combustível, o coque de carvão mineral, o carvão vegetal e outras fontes secundárias do petróleo são utilizados apenas para o aquecimento direto. A eletricidade é o único energético para diversos usos na indústria de ferroligas, sendo utilizada para força motriz (2,9%), refrigeração (0,2%), aquecimento direto (96,5%) e iluminação



(0,4%). Portanto, o uso de energia final predominante no setor de ferroligas é o aquecimento direto, com 98,6% do total dos usos da energia.

Tabela 7 - Usos e fontes de energia associados à indústria de ferroligas no Brasil. (Fonte: LEITE, 2010)

Energético	Força motriz	Refrigeração	Aquecimento direto	Iluminação	Soma
Gás natural	0,0	0,0	100,0	0,0	100,0
Lenha	0,0	0,0	100,0	0,0	100,0
Óleo combustível	0,0	0,0	100,0	0,0	100,0
Coque de carvão mineral	0,0	0,0	100,0	0,0	100,0
Eletricidade	2,9	0,2	96,5	0,4	100,0
Carvão vegetal	0,0	0,0	100,0	0,0	100,0
Outras fontes secundárias do petróleo	0,0	0,0	100,0	0,0	100,0

De acordo com Leite (2010), o setor de ferroligas possuía autoprodução de energia e, em 2006, a capacidade instalada total de energia elétrica na fabricação de ferroligas era de 28,5 MW, em pequenas centrais hidrelétricas localizadas nos Estados de Minas Gerais e São Paulo.

Potencial de eficiência energética

De acordo com Procel (2010), uma avaliação do potencial técnico de economia de energia foi estimada a partir dos valores médios de consumo específico do setor e corresponde a aplicação das melhores técnicas disponíveis.

Conforme o estudo, o potencial técnico de eficiência de energia é de **16,4%**, em que o maior potencial está no processo de fusão e redução em fornos elétricos, com cerca de **80% do total**, como pode ser observado na

Tabela 8.

Segundo Leite (2010), a eficiência da indústria brasileira nesta área encontra-se na média global. De acordo com os mesmos autores, isto é explicado pela indústria de ferroligas ser recente e mais orientada para a exportação e, portanto, necessita de competitividade para a entrada no mercado internacional.

Tabela 8 - Potencial técnico de conservação de energia. (Fonte: LEITE, 2010)



Setor	Processo	Potencial de conservação de energia (tep)				Total por produto
		Energia elétrica				
		Força motriz	Refrigeração	Fornos elétricos	Iluminação	
Ferroligas	Preparação das matérias-primas	263	18	8.465	26	8.773
	Fusão e redução da carga	2.105	140	67.724	211	70.180
	Preparação do produto final	263	18	8.845	26	8.773

Com base nas informações do Balanço Energético do Estado (CEMIG, 2012) e assumindo que as usinas de ferroligas de Minas Gerais ajudaram a definir o nível de consumo médio específico no setor brasileiro, estima-se preliminarmente que o potencial técnico de eficiência energética é da ordem de **16,4%**, ou **146 ktep** em 2007. Na Figura 24 é fornecida uma discriminação por uso no consumo final de energia e potencial técnico associado no estado.

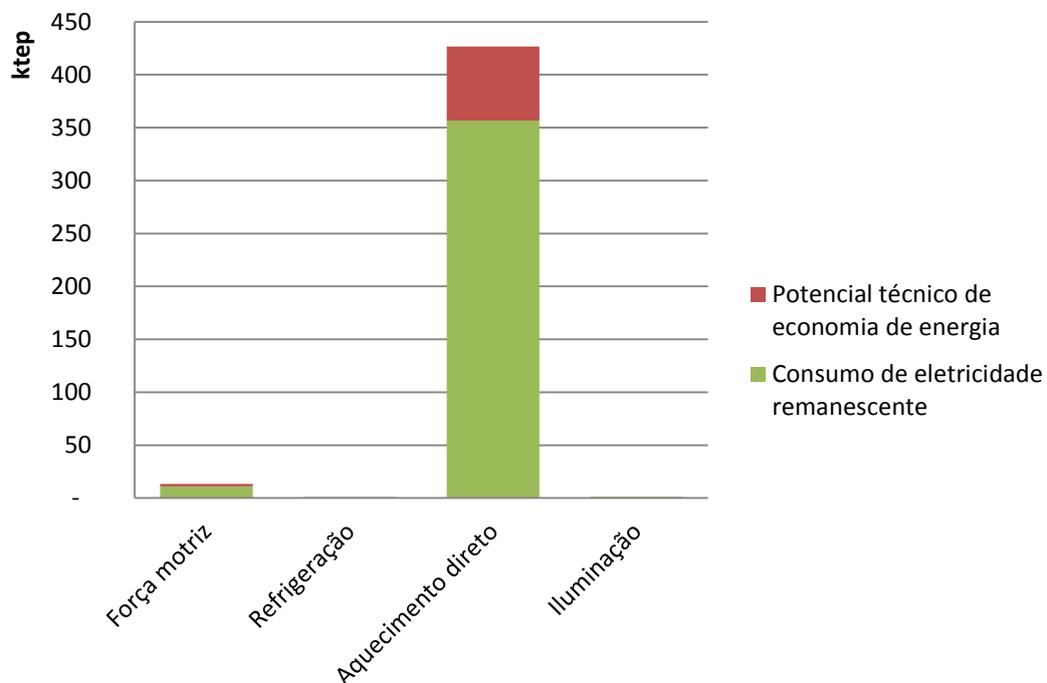


Figura 24 - Consumo e potencial técnico de conservação de energia no setor de ferroligas em Minas Gerais. (Fonte: Elaboração própria)



Barreiras associadas

Segundo a Confederação Nacional das Indústrias, as principais barreiras apontadas à implantação de ações em eficiência energética no setor de ferroligas são:

- Estrutura legal pouco atrativa para cogeração ou produção de energia independente;
- Necessidade de treinamento de pessoal para identificar oportunidades de eficiência energética e para fazer a gestão dos projetos que se mostrarem viáveis;
- Indisponibilidade de determinadas tecnologias;
- Racionalização do uso de energia compete com outras prioridades de investimento;
- Elevados investimentos iniciais;
- Incertezas quanto aos preços da energia e altos custos iniciais dos investimentos devido aos impostos de importação;
- Restrições ao financiamento.

Conclusões

No segmento industrial de ferroligas, há uma tendência clara de aumento da utilização de equipamentos ou práticas mais eficientes, tais como uma melhor circulação de ar; isolamento mais eficiente; melhor distribuição de carga, dentre outros. Além disso, o setor também pode ampliar a eficiência energética por meio de uso de fornos com melhor isolamento, maior ajuste dos sistemas de controle com relação ao planejamento do uso do forno em função da produção - cargas próximas à carga nominal, intervalos mais curtos entre lotes, otimização de tempo entre a abertura e fechamento de portas, dentre outras medidas.

Embora o contexto internacional (preços da energia e concorrência) tem induzido de certa maneira a implementação destas tecnologias, esforços adicionais podem ser realizados para a ampliação de práticas de eficiência energética no setor. O potencial técnico de eficiência energética estimado é da ordem de **16,4%**, ou **146 ktep**.

Subsetor Mineração

Contexto

A indústria extrativa mineral compreende a indústria extrativa de minerais metálicos e não metálicos, com exceção apenas dos minerais energéticos (petróleo, carvão, xisto pirobetuminoso). As principais atividades são a extração e o beneficiamento mineral, bem como a fragmentação de pedras.

A produção mineral brasileira em 2013 foi de US\$ 43 bilhões. Estima-se que no período de 2014 a 2018 serão investidos no setor US\$ 53,6 bilhões (IBRAM, 2014). A força da balança



mineral brasileira é muito expressiva, sendo que o seu saldo é 12,5 vezes maior que o saldo total da balança do Brasil (IBRAM, 2014).

Consumo de energia final e emissões de GEE

O setor de mineração foi responsável por 6% do consumo total de energia no setor industrial em Minas Gerais em 2011, com 891 ktep. Já no cenário nacional, a mineração mineira consome 27% da energia final da indústria de mineração brasileira, que é 3.335 ktep.

A Figura 25 apresenta a evolução da distribuição do consumo de energia final por fonte energética entre 1978 e 2011 para o setor.

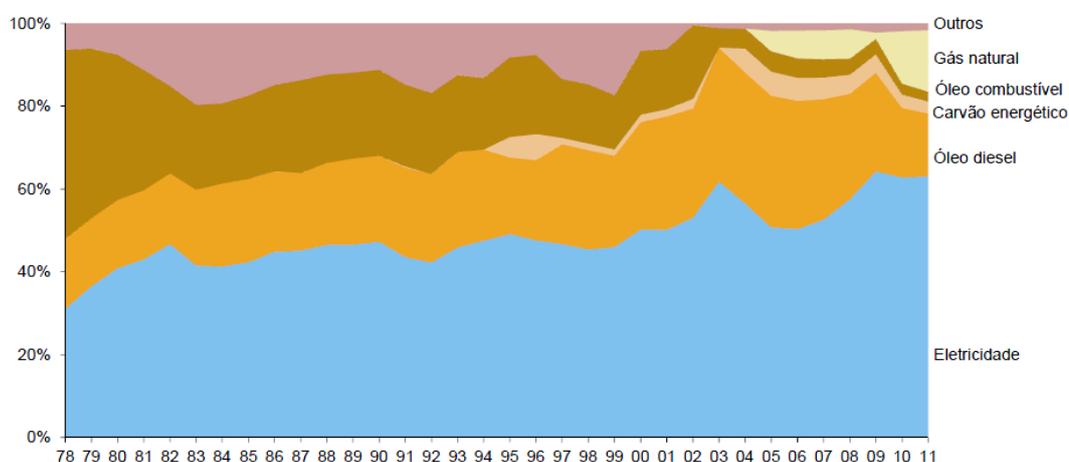


Figura 25 - Evolução da distribuição de energia consumida pela mineração em Minas Gerais (Fonte: CEMIG, 2012)

O consumo de eletricidade prevalece com 63% do consumo total em 2011. O óleo diesel é uma fonte importante e possui um consumo de 15,2%. O gás natural foi inserido na matriz energética do setor no ano de 2005 e, desde então, o seu consumo vem aumentando, atingindo 14,8% no ano de 2011. As demais fontes são pouco expressivas.

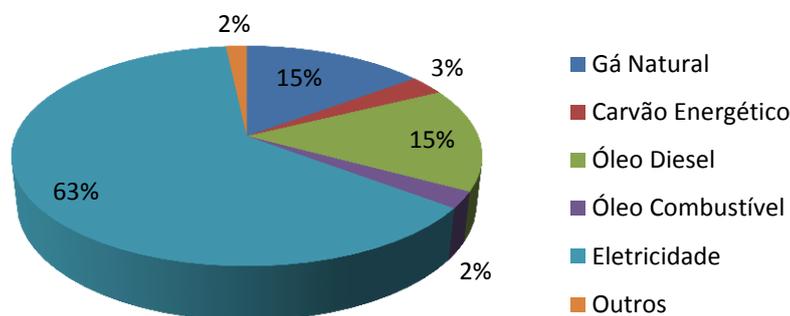


Figura 26 - Distribuição do consumo de energia final no setor de mineração por fonte de energia em 2011 no estado (Fonte: CEMIG, 2012)

As estimativas estaduais de GEE mostram que a indústria de mineração emitiu, em 2010, 1.238,2 Gg CO₂e, o que representa 1% das emissões totais do estado e 7,2% do setor industrial.

Uso da energia

Os principais usos de energia na indústria extrativista mineral são apresentados abaixo:

- ▲ Aquecimento direto: energia usada em fornos, fornalhas, radiação, aquecimento por indução, condução e microondas;
- ▲ Calor de processo, na forma de vapor gerado: energia usada em caldeiras e aquecedores de água ou circulação de fluídos térmicos;
- ▲ Força motriz: energia usada em motores estacionários ou de veículos de transporte individual ou coletivo, de carga, tratores etc.;
- ▲ Iluminação: energia utilizada em iluminação de interiores e externa;
- ▲ Outros usos finais: energia utilizada em computadores, telecomunicações, máquinas de escritório, xerografia e equipamentos eletrônicos de controle.

O principal uso de energia final é para aquecimento direto, com 56,6%, seguido pelo calor de processo, com 32,9%, e pela iluminação, com 9,9%. Os demais processos possuem consumos baixos ou insignificantes. A Figura 27 apresenta o percentual de consumo energético do segmento.

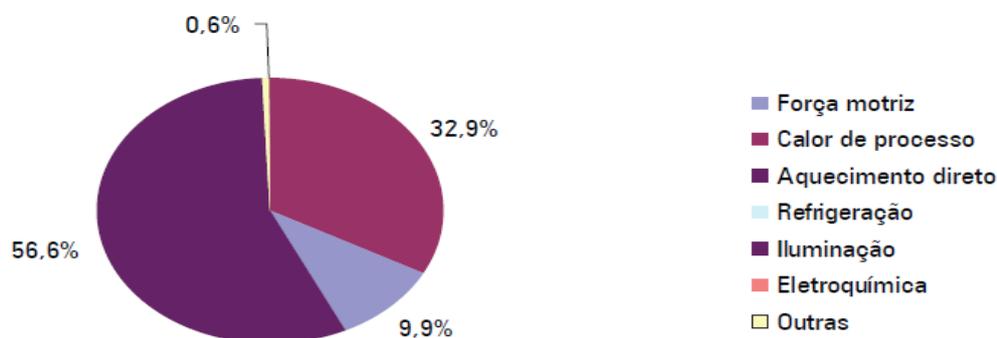


Figura 27 - Distribuição percentual, por usos finais, do consumo final de energia da indústria extrativa mineral (Fonte: PROCEL/CNI, 2010)

Potencial de eficiência energética

De acordo com o PROCEL (2010), foram conduzidos 6 projetos para empresas de minerais metálicos e 5 para empresas de minerais não metálicos com foco na eficiência energética.

Para empresas de minerais metálicos, o custo médio da energia conservada (CEC) foi de 36 R\$/MWh, o menor entre os setores analisados, e o custo médio por projeto (CMP) de R\$ 476.111,00, que também representa um investimento relativamente baixo. Os projetos permitiram evitar uma demanda de 7.128 kW e economizar 62.644 MWh/ano. Dentre os projetos analisados, percebe-se que cada um adotou ações diferentes, demonstrando assim potenciais de eficiência energética em vários usos finais desse setor. As ações voltadas para a melhoria do processo produtivo e substituição de equipamentos ultrapassados por novas tecnologias alcançaram melhores resultados. A adoção de uma CICE (Comissão Interna de Conservação de Energia) foi um importante instrumento para garantir a continuidade das ações de eficiência energética.

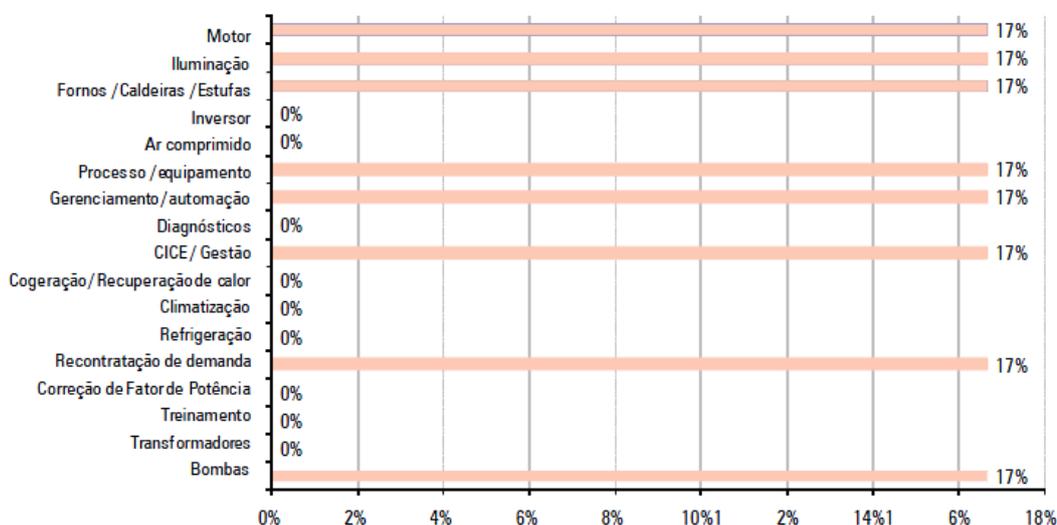




Figura 28 - Percentual de empresas do setor de minerais metálicos com ações de eficiência energética. (Fonte: PROCEL/CNI, 2010)

Já para o setor de minerais não-metálicos foram realizados 5 projetos que evitaram uma demanda de 287 kW e economizaram cerca de 3 GWh/ano nessa indústria. O CMP foi R\$ 246 mil e teve como resultado um CEC de 106 R\$/MWh, acima da média geral dos projetos realizados.

Em todos os projetos foram realizadas medidas para efficientização dos motores elétricos, que são os equipamentos que mais impactam o consumo de energia elétrica desse segmento. Embora seja uma medida de fácil implantação, necessita de investimentos iniciais razoáveis, uma vez que muitos motores possuem potências elevadas. Também foram utilizadas ações para a melhoria das bombas.

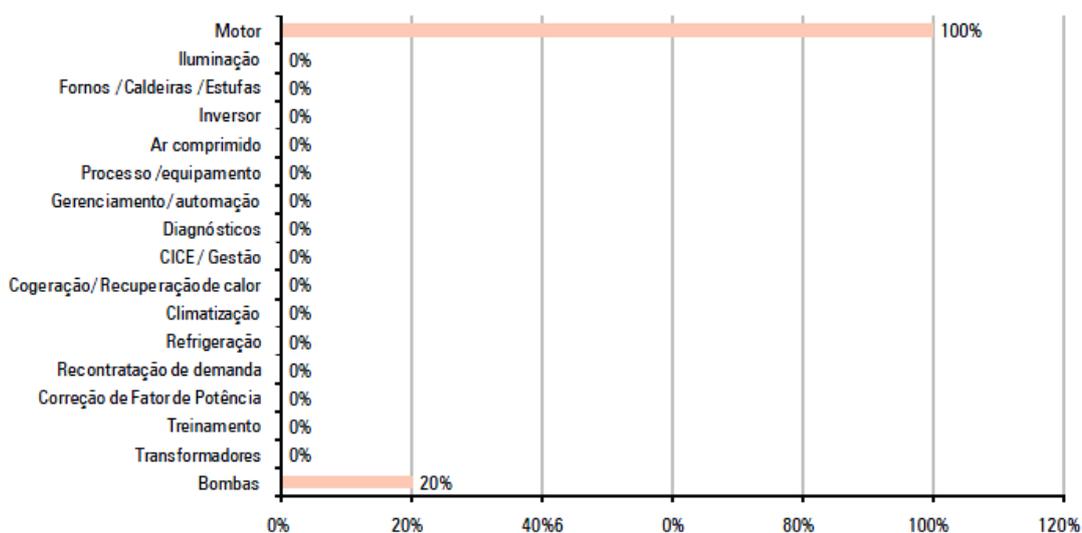


Figura 29 - Percentual de empresas do setor de minerais não-metálicos com ações de eficiência energética. (Fonte: PROCEL/CNI, 2010)

Na Figura 30, a discriminação por uso de consumo final de energia e potencial técnico associado podem ser avaliados. A indústria extrativista mineral no estado de Minas Gerais possui maior potencial de eficiência energética nos processos que utilizam aquecimento direto, 33%, e em iluminação, 80%; já calor de processo e força motriz possuem potenciais abaixo de 2%.

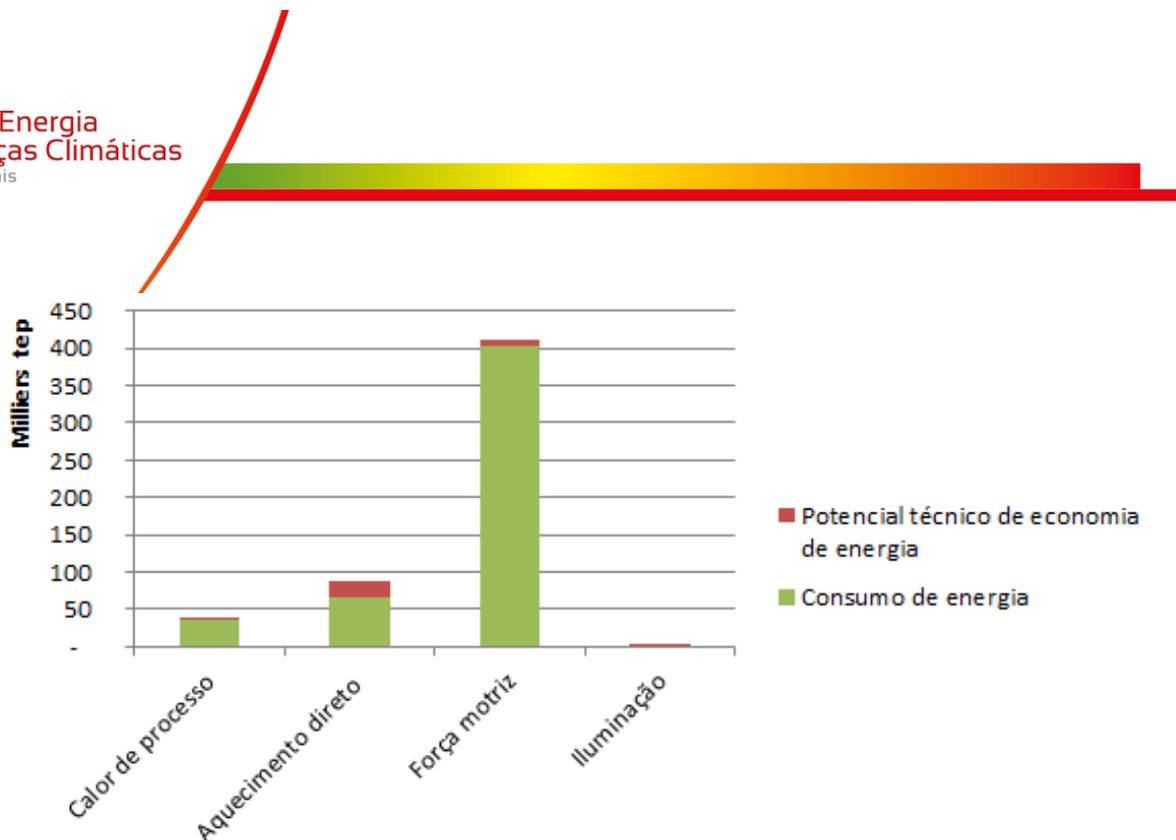


Figura 30 - Consumo e poupança técnicas de energia potencial em Minas Gerais para a indústria de mineração (Fonte: Elaboração própria)

Barreiras associadas

Conforme PROCEL (2010), as principais barreiras apontadas à implantação de ações em eficiência energética são:

- Desconhecimento, no nível das plantas, das tecnologias mais eficientes e dos seus potenciais benefícios;
- Aversão ao risco associado à introdução de novas tecnologias;
- Escassez de capital por parte das empresas para realizar os investimentos, além de limitações no acesso a crédito, em condições tão vantajosas quanto as obtidas pelas empresas responsáveis pela oferta de energia;
- Ausência de incentivos para os agentes envolvidos na seleção dos equipamentos e na gestão de energia das instalações;
- Retorno de investimento relativamente longo;
- Preços elevados das tecnologias mais eficientes;
- A substituição de energéticos por aqueles mais eficientes depende dos preços e da logística de fornecimento, levando em conta a localização das minas.

Conclusões

A indústria extrativa mineral possui grande relevância na economia mineira, principalmente no que tange às exportações. O consumo energético e as emissões de GEE desse setor podem ser considerados como moderados. O maior gasto energético está relacionado com o aquecimento direto na indústria de minerais metálicos e com a força motriz na indústria de



minerais não-metálicos. Assim, esses dois usos finais de energia são os que representam um maior potencial de eficiência energética para esse segmento.

A eletricidade é a base energética da indústria de mineração e os custos médios de geração hidroelétrica foram de **118,40 R\$/MWh** (Cesaretti, 2010). Para a indústria de minerais metálicos, o CEC alcançou cerca de **36 R\$/MWh**, o mais baixo do setor industrial, e para a indústria de minerais não metálicos, o CEC foi de **106 R\$/MWh**. Esses valores evidenciam que, ainda para os minerais não metálicos, investir em eficiência energética é mais barato do que produzir energia.

Considerando que em Minas Gerais o maior potencial para eficiência energética nesse setor se encontra nos usos de iluminação e aquecimento direto, esforços de ampliação da eficiência energética que visem alcançar esses potenciais devem ser realizados.

Subsetor Cerâmica

Contexto

O subsetor compreende cerca de 6.900 empresas no Brasil, para um total de 293 mil empregos diretos e cerca de 900 mil indiretos, além de um faturamento de R\$ 18 bilhões (ANICER, 2014). Em Minas Gerais, os principais pólos de produção de cerâmica vermelha estão localizados em Igaratinga e Monte Carmelo.

Consumo de energia final e emissões de GEE

Em 2011, segundo o BEN (EPE, 2013), a indústria cerâmica no Brasil consumiu 4.724 ktep, que representam 5,3% do consumo total do setor industrial. Minas Gerais contribui para esse valor com 620 ktep, que equivalem a 4% do consumo industrial do estado. Na Figura 31 é ilustrada a evolução da distribuição do consumo de energia final por fonte, entre 1978 e 2011.

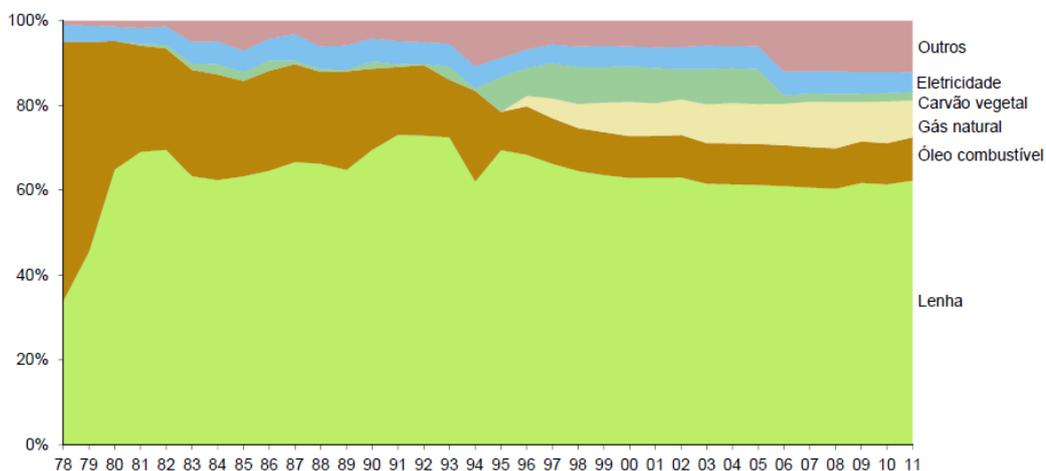




Figura 31 - Evolução da distribuição de energia consumida pela indústria cerâmica em Minas Gerais
(Fonte: CEMIG, 2012)

A lenha é o principal energético utilizado, representando 62% do uso final de energia. O gás natural teve um incremento considerável na matriz energética do setor a partir dos anos 90, alcançando 9% em 2011. Em contrapartida, nesse período, o carvão vegetal reduziu consideravelmente a sua participação, passando de 8,6% em 1998 para 2% em 2011.

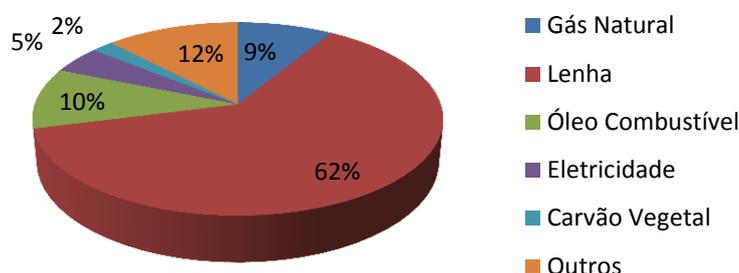


Figura 32 - Distribuição do consumo de energia final no setor de cerâmica por fonte de energia em 2011 no estado (Fonte: CEMIG, 2012).

As estimativas estaduais de GEE mostram que, em 2010, a indústria cerâmica emitiu cerca de 405,5 Gg CO₂e provenientes do consumo de combustíveis, que representam 0,3% das emissões totais do estado e 2,4% do setor industrial¹⁴.

Usos da energia

Os principais usos finais da energia presentes na indústria cerâmica são:

- ▲ **Aquecimento direto:** energia usada em fornos, fornalhas, radiação, aquecimento por indução, condução e microondas;
- ▲ **Calor de processo,** na forma de vapor gerado: energia usada em caldeiras e aquecedores de água ou circulação de fluídos térmicos;
- ▲ **Força motriz:** energia usada em motores estacionários ou de veículos de transporte individual ou coletivo, de carga, tratores etc.;
- ▲ **Iluminação:** energia utilizada em iluminação de interiores e externa;

¹⁴ Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais – Ano Base 2010.



A Tabela 9 apresenta a repartição dos usos da energia em função das principais fontes no setor cerâmico no Brasil.

Tabela 9 - Usos e fontes de energia associados no setor de cerâmica no Brasil (Fonte: PROCEL/CNI, 2010)

Energético	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento direto	Iluminação
Gás natural	0,0	0,0	100,0	0,0
Carvão vapor	0,0	0,0	100,0	0,0
Lenha	0,0	0,0	100,0	0,0
Outras fontes primárias	0,0	0,0	100,0	0,0
Óleo diesel	88,3	0,9	10,8	0,0
Óleo combustível	0,0	28,3	71,7	0,0
GLP	0,3	24,5	75,2	0,0
Eletricidade	90,0	0,0	6,4	3,6
Outras fontes secundárias do petróleo	0,0	0,0	100,0	0,0

O uso predominante nesse setor é o aquecimento direto (89,1%), seguido pela força motriz (7,3%) e a iluminação (3,3%).

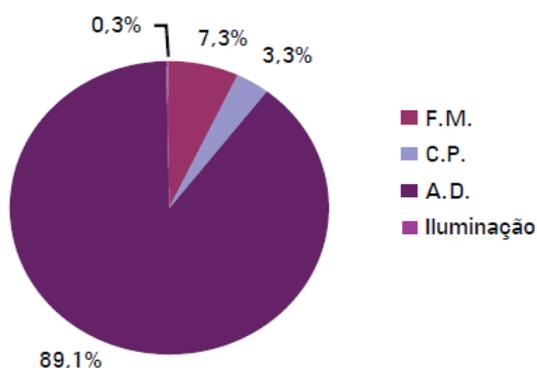


Figura 33 - Distribuição percentual, por usos finais, do consumo final de energia da indústria cerâmica (Fonte: PROCEL/CNI, 2010)



Potencial de eficiência energética

De acordo com o PROCEL (2010), foram realizados 28 projetos de eficiência energética em diferentes empresas, que receberam 1,4 milhão de reais em investimentos e permitiram evitar uma demanda de 94 kW, economizando cerca de 1,2 GWh/ano. Assim, o custo médio por projeto deste segmento foi relativamente baixo, R\$ 50 mil, porém comparado aos outros segmentos, a energia economizada foi pequena, e por isso o custo médio da energia conservada foi elevado, igual a 151 R\$/MWh.

Na Figura 34 é mostrado que melhorias em iluminação e em processo/equipamento foram as ações mais adotadas pelos projetos analisados, com 89% e 82%, respectivamente. Percebe-se que metade dos projetos realizaram um diagnóstico antes da implantação de medidas e 43% realizaram a correção do fator de potência.

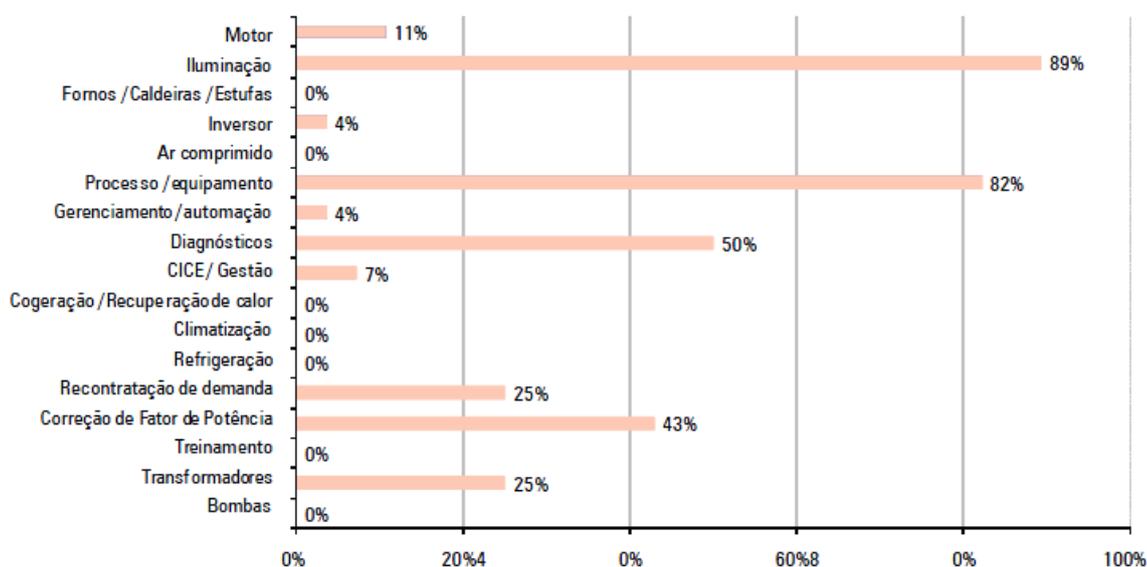


Figura 34 - Percentual de empresas do setor de cerâmicas com ações de eficiência energética. (Fonte: PROCEL/CNI, 2010)

Com base nas informações do BEEMG, e assumindo que as fábricas de cerâmica de Minas Gerais definiram o nível de consumo médio específico no setor brasileiro, estima-se que o potencial técnico de conservação de energia é cerca de **43% ou 217 ktep** em 2005. Na Figura 35 é fornecida uma discriminação por uso de consumo final de energia e potencial técnico associado.

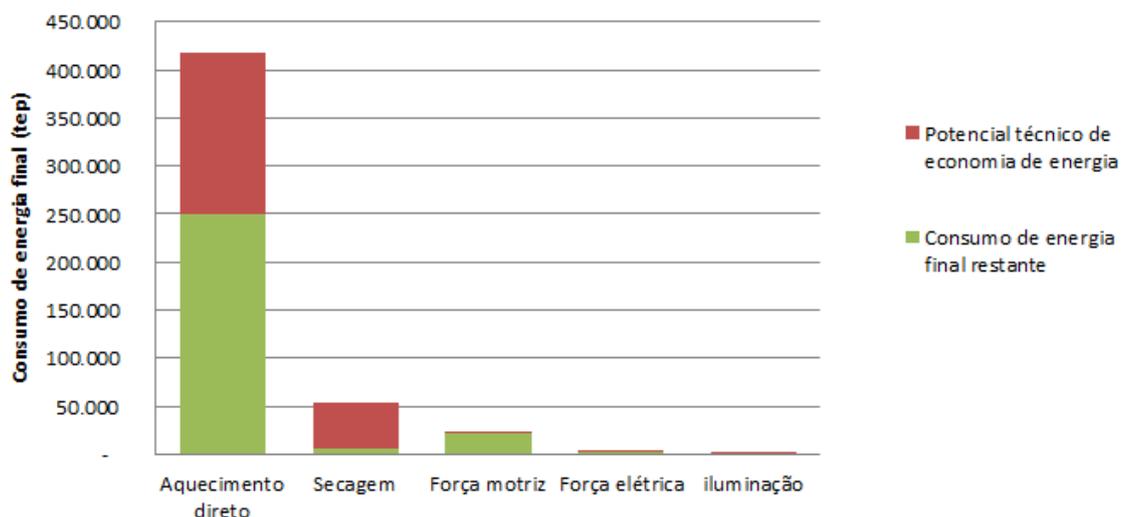


Figura 35 - Consumo e poupança técnicas de energia potencial em Minas Gerais para a indústria cerâmica (Fonte: Elaboração própria)

Barreiras associadas

De acordo com PROCEL (2010) são citadas como barreiras apontadas à implantação de ações em eficiência energética no setor :

- ▲ Estrutura legal pouco atrativa para cogeração ou produção de energia independente.
- ▲ Necessidade de treinamento de pessoal para identificar oportunidades de eficiência energética e para fazer a gestão dos projetos que se mostrarem viáveis.
- ▲ Indisponibilidade de determinadas tecnologias.
- ▲ Racionalização do uso de energia compete com outras prioridades de investimentos.
- ▲ Elevados investimentos iniciais.
- ▲ Incertezas quanto aos preços de energia e altos custos iniciais dos investimentos devido aos impostos de importação.
- ▲ Falta de qualificação técnica do setor.
- ▲ Conservadorismos do setor.

Conclusões

Uma aceleração da implementação de programas de eficiência energética neste setor necessita da remoção de algumas barreiras, incluindo elevados custos de investimento para a instalação de sistemas de produção de energia térmica mais eficientes, intimamente ligados à falta de tecnologia no mercado brasileiro, que resulta em custos adicionais de importação.



Processos que necessitam de aquecimento direto são os que apresentam maior potencial de eficiência energética. Melhorias nos sistemas de iluminação também configuram oportunidades para a conservação de energia.

O principal insumo energético é a lenha, que é utilizada no processo de aquecimento direto, que, em Minas Gerais, possui um potencial de eficiência energética de cerca de 40%, equivalente a **170 ktep**. A geração de energia por meio de biomassa, em média, custa **101,75 R\$/MWh**, e o CEC para indústria cerâmica foi de **151 R\$/MWh**. Dessa forma, apesar de existir importante espaço para a ampliação da eficiência energética no setor, medidas como incentivos econômicos adicionais e ampliação dos investimentos em P&D são necessários para o alcance do potencial estimado.

Capítulo 3 – Potencial de eficiência energética nos transportes

Contexto

O subsetor de transportes é um dos grandes consumidores mundiais de energia e inclui a movimentação de pessoas e bens através de carros, caminhões, trens, navios, aviões etc. A maior parte das emissões de GEE são as emissões de CO₂ resultantes da combustão de produtos à base de petróleo, como a gasolina e diesel, em motores de combustão interna.

De acordo com a FENABREVE (Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores), o Brasil teve, em 2012, 3.634.639 veículos leves comercializados (cerca de 90% deles com motores preparados para a tecnologia *dual flex*). Esse valor era de cerca de 1,6 milhão em 2005, com grande crescimento devido ao maior acesso da população às linhas de crédito, aumento da renda e redução de impostos relacionados.

Segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores, somente em 2013, a frota circulante (automóveis, caminhões, comerciais leves e ônibus), ultrapassou 40 milhões de unidades no Brasil, com um aumento de 5,3% em relação a 2012.

Apesar do significativo aumento da frota e da demanda de energia, há uma variedade de oportunidades para a implementação de medidas de eficiência energética e redução de emissões de GEE associadas que podem contribuir para uma transição à uma economia de baixo carbono no Brasil e em Minas Gerais.

Consumo de energia e emissões de GEE

O setor de transportes é o segundo maior consumidor de energia no Brasil, com participação de 31,3% do consumo energético total, segundo o Ministério de Minas e Energia (2011). Somente em 2012, o setor consumiu 79.308 ktep de energia (BEN, 2013).



Em Minas Gerais, o consumo de energia final no setor de transportes era de 8.791 ktep, em 2011 (CEMIG, 2012) e o insumo energético mais utilizado era o óleo diesel, apresentando participação de 54,5%. A gasolina automotiva representou o segundo insumo energético mais consumido, com participação de 27,4% do total, seguida por álcool etílico (12,0%), querosene e biodiesel, ambos com 2,8% e outras fontes (0,5%). Além disso, o transporte rodoviário concentrou mais de 96% do consumo de energia do setor em 2011. Já os modais ferroviário e aéreo representaram 4% do consumo. A Figura 36 mostra a distribuição das fontes de energia no setor e o tipo de modal utilizado.

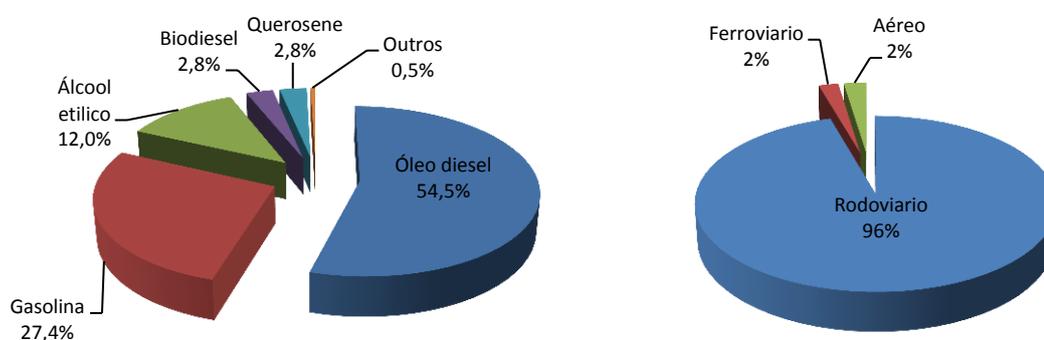


Figura 36 - Distribuição das fontes de energia e de modal no setor de transporte em 2011 (Fonte: CEMIG, 2012)

A frota de veículos que percorre as rodovias em Minas Gerais era de 8,6 milhões em 2013, de acordo com as informações disponibilizadas pelo DENATRAN, com uma repartição por tipo de veículos, apresentados na Figura 37. Observa-se que a frota de veículos leves era de 4,9 milhões e ciclomotor e motocicleta de 1,8 milhões no ano de 2013.

A malha rodoviária do estado, segundo o DER (Departamento de Estradas de Rodagem) tinha, até 2013, 36.104 km. A malha municipal segundo a Agência Minas é de 238.191 km. Minas Gerais tem a maior malha rodoviária do Brasil, equivalente a 16%.

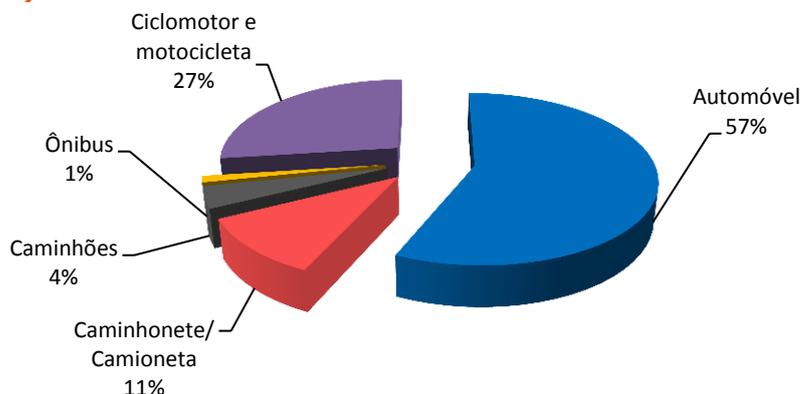


Figura 37 - Estrutura da frota de veículos em Minas Gerais (Fonte: DENATRAN, 2013)

Entre 2000 e 2013, o número total de veículos em circulação quase triplicou em Minas Gerais, como pode ser observado na Figura 38.

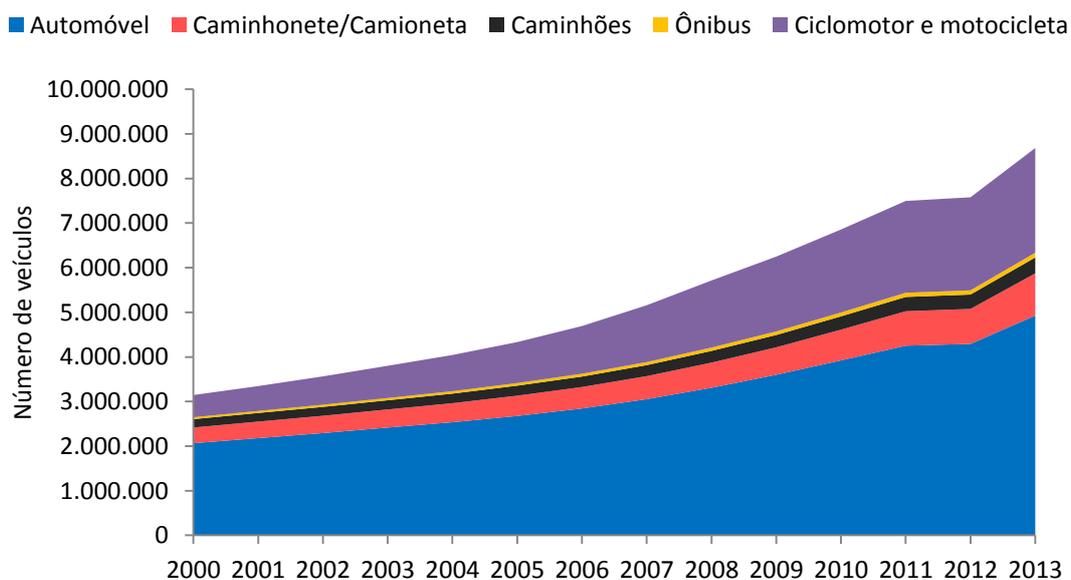


Figura 38 - Evolução do número de veículos em circulação entre 2000 e 2013 (Fonte: DENATRAN, 2013)

Já a malha ferroviária de Minas Gerais totalizava, em 2007, 5.100 km, representando 17% da rede nacional segundo o governo estadual. Três concessionárias compartilham a rede mineira: FCA (3.658 km), EFVM (666 km) e MRS Logística S.A. (792 km).

O modo aeroviário estadual é composto por 196 aeródromos (equipamentos destinados ao pouso, decolagem e movimentação de aeronaves, de caráter público ou privado).

A rede dutoviária de Minas Gerais conta com aproximadamente 1,8 mil km de extensão, dentre gasodutos, minerodutos e oleodutos.



O modo hidroviário é composto pela hidrovia do rio São Francisco, a hidrovia Tiête-Paraná, o rio Parnaíba e o rio Grande, sendo a primeira a única que apresenta transporte regular de carga. Segundo a Agência Nacional de Transportes Aquaviários, Minas Gerais, juntamente com Bahia, Pernambuco e Sergipe, têm potencial de aproveitamento do rio São Francisco de 4.100 km. Já os rios Doce, Paraíba e Jequitinhonha têm potencial de uso de 1.094 km.

A Figura 39 apresenta a evolução histórica do consumo de energia do setor de transportes (todos os modais) de 1997 a 2011, classificada por fonte de energia utilizada. Durante este período, houve um crescimento de aproximadamente 82% do consumo, apresentando um crescimento mais acentuado a partir do ano de 2004. A partir de 2009 nota-se também a participação do biodiesel na matriz energética do setor.

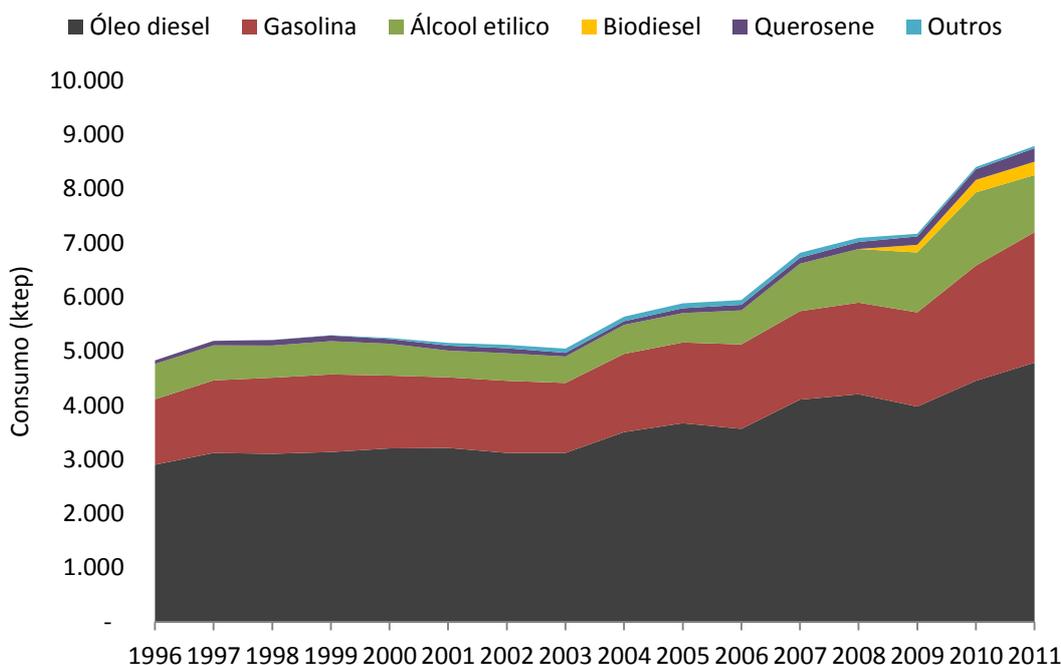


Figura 39 - Evolução do consumo final de energia no setor dos transportes (Fonte: adaptado de CEMIG, 2012)

A utilização do biodiesel foi introduzida pelo Plano Nacional de Produção e uso do Biodiesel (PNPB) e a Lei Federal nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, que estabeleceu a obrigação de adicionar um percentual mínimo de biodiesel no combustível diesel vendido aos consumidores em todo o território nacional. Três resoluções sucessivas do Conselho Nacional da Política Energética (CNPE) indicaram os prazos da incorporação do percentual mínimo obrigatório: 3% a partir de 1 de julho de 2008, 4% a partir de 1 de julho de 2009 e 5% a partir de 1 de janeiro de 2010. Em setembro de 2014 foi realizado o 39º Leilão de Biodiesel (L39)



para atendimento ao percentual mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel de 7%, conforme informações da ANP.

A taxa de incorporação do álcool etílico na gasolina é obrigatória no Brasil e regulamentada pela Agência Nacional do Petróleo e Biocombustíveis (ANP), fixando-se em 23,3% no ano de 2013.

O DENATRAN oferece uma desagregação da frota dependendo do uso de combustível dos veículos. Na Figura 40 é ilustrada a distribuição da frota para o ano de 2013.

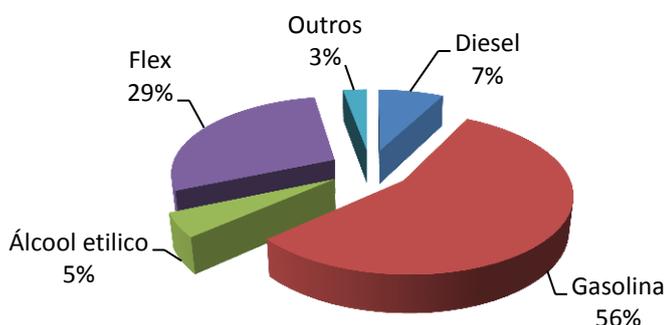


Figura 40 - Distribuição da frota de veículos baseado na motorização (Fonte: DENATRAN, 2013)

É interessante comparar a estrutura da frota e a motorização dos veículos com o consumo total de energia do transporte rodoviário para direcionar futuras ações governamentais. As informações foram extraídas do Primeiro Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por veículos automotores rodoviários, publicado pelo Ministério do Meio Ambiente em 2011.

A Figura 41 ilustra o tipo de motorização associado com o consumo de gasolina C (mistura de gasolina pura (A) com etanol anidro). Os veículos leves, bem como os veículos comerciais e de duas rodas consomem gasolina C, podendo ser veículos *flex fuel* ou veículos cujos motores permitem o uso exclusivo de gasolina C.

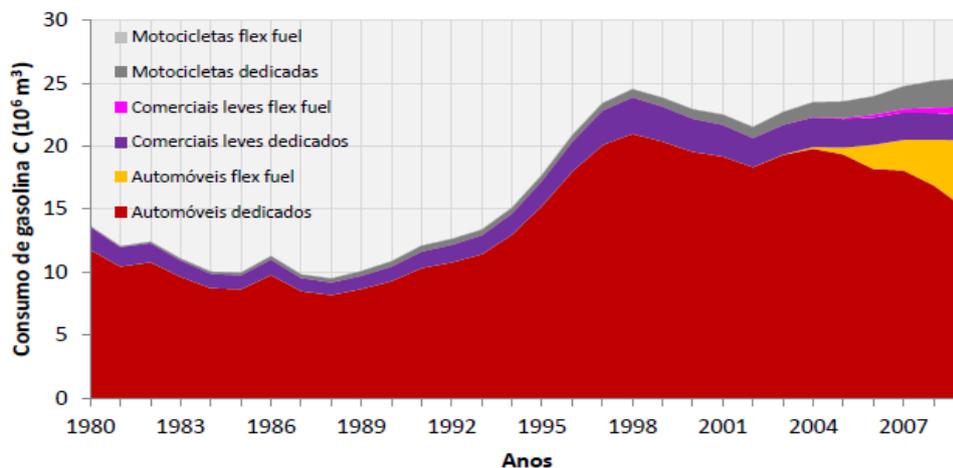


Figura 41 - Evolução do consumo de gasolina por tipo de veículo terrestre rodoviário (Fonte: MMA, 2011)

No que se refere ao etanol hidratado (ou seja, correspondente ao etanol a 100% na bomba), a Figura 42 ilustra os veículos relevantes. Os veículos leves tipo *flex fuel* são atualmente os principais consumidores.

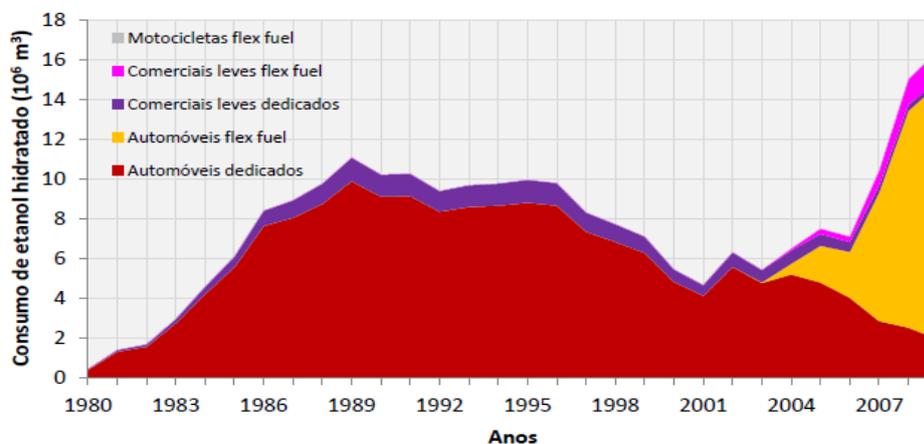


Figura 42 - Evolução do consumo de etanol hidratado por tipo de veículo terrestre rodoviário (Fonte: MMA, 2011).

Finalmente, com relação ao óleo diesel, pode-se perceber que os principais consumidores deste tipo de combustível são os caminhões e ônibus (urbanos ou interurbanos), como mostrado na Figura 43.

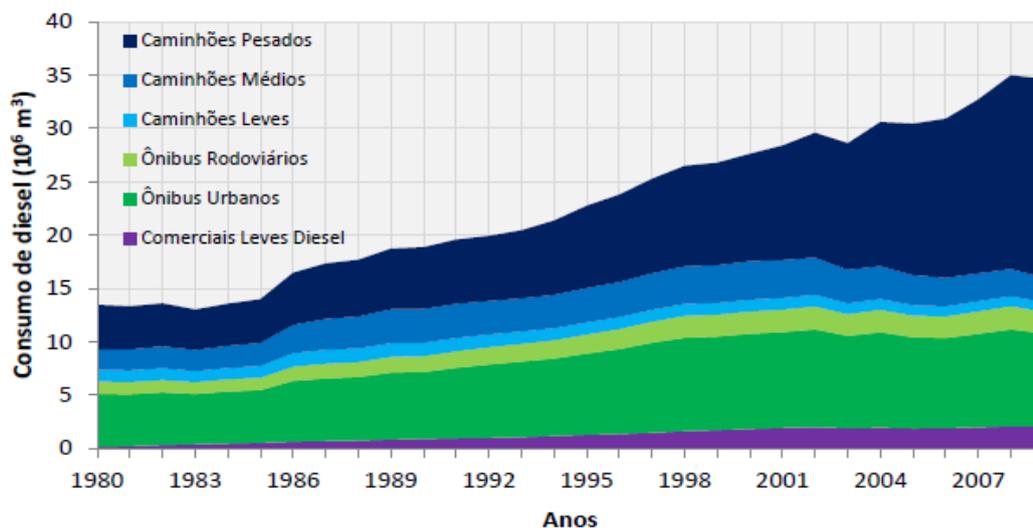


Figura 43 - Evolução do consumo de diesel por tipo de veículo terrestre rodoviário (Fonte: MMA, 2011).

As emissões veiculares de gases de efeito estufa podem ocorrer de forma direta, através do escapamento, ou podem ser por questões evaporativas do combustível, aparecendo durante o uso e o repouso do veículo. A tecnologia do motor, porte e tipo de uso do veículo, idade do veículo, projeto e materiais do sistema de alimentação de combustível, tipo e qualidade do combustível, condições de manutenção e condução, além de fatores meteorológicos (pressão e temperatura ambientes) são fatores que podem influenciar o nível de emissão. Na Figura 44 são mostradas as emissões de CO₂ por categoria de veículo. Já na Figura 45 são demonstradas essas emissões por tipo de combustível. Os outros gases de efeito estufa têm sua contabilização definida pelo “1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários” em seu relatório final, produzido pelo Ministério do Meio Ambiente (2011).

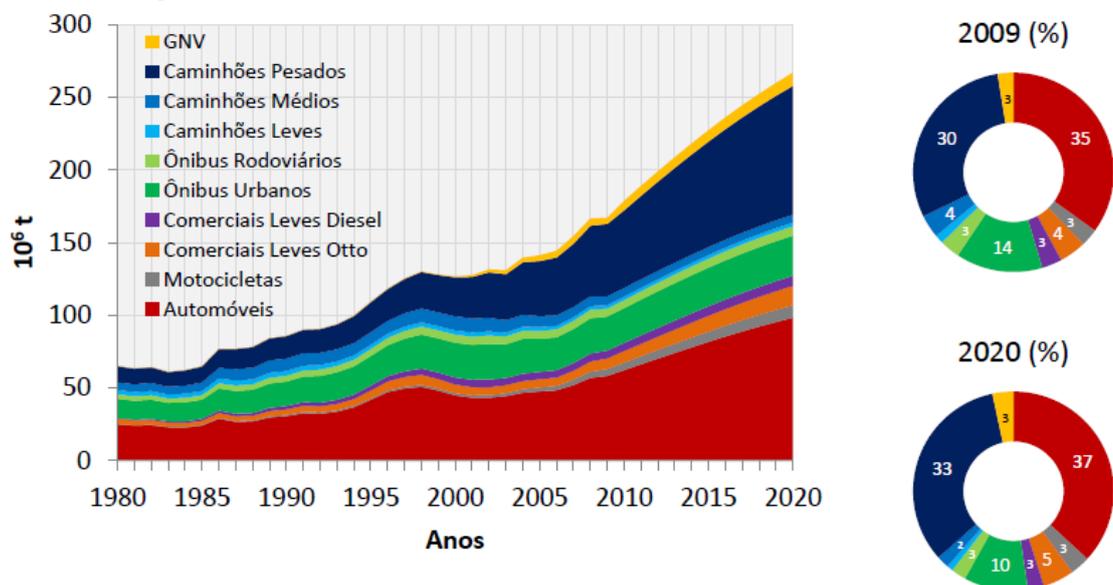


Figura 44 - Emissões de CO₂ por categoria de veículo (Fonte: MMA, 2011)

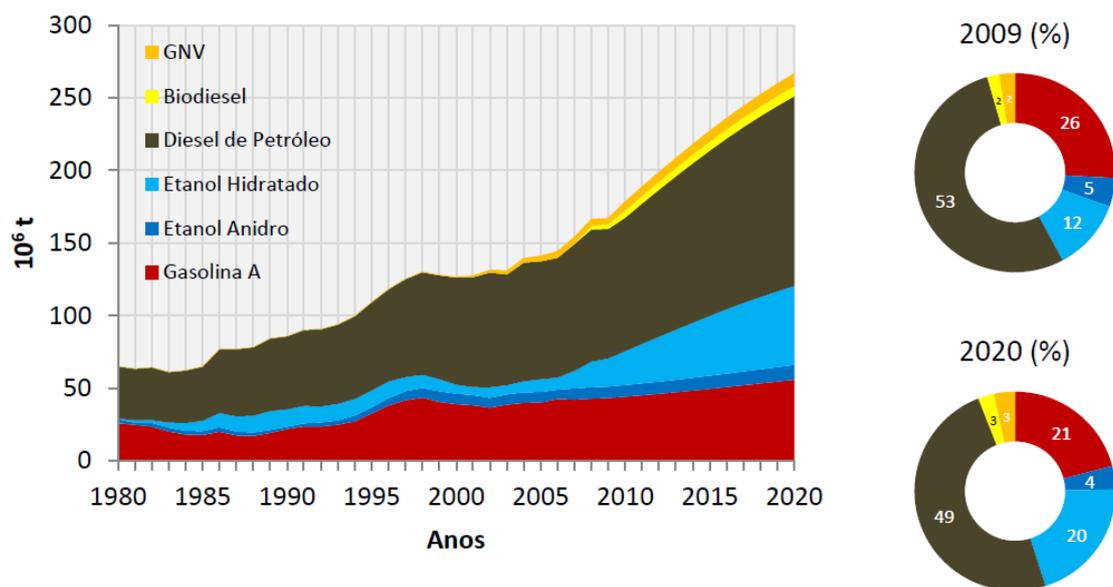


Figura 45 - Emissões de CO₂ por tipo de combustível (Fonte: MMA, 2011)

Apenas em Minas Gerais, no ano de 2010, as emissões referentes ao setor de transportes foram de **21.011,4 Gg CO₂e**, sendo **19.839,5 Gg CO₂e** para o modal rodoviário, **568 Gg CO₂e** para o modal ferroviário e **603,8 Gg CO₂e** para o modal aéreo, de acordo com o Inventário Estadual de Emissões de Gases de Efeito Estufa (FEAM, 2014). O setor de transportes é o que contribuiu com a maior parcela de emissões, com **47,3%** do total.



Potencial de eficiência energética

No contexto do Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2022 (MME/EPE, 2013), cenários de evolução da frota de veículos são apresentados, que dependem principalmente da evolução das necessidades em termos de transporte de passageiros e mercadorias. Todos os projetos do Plano Nacional de Logística e Transportes são integrados para avaliar a demanda futura em termos de mobilidade.

Na Figura 46 é apresentada a projeção da evolução da frota de veículos leves em todo o Brasil durante o período de 2012-2022. Alguns pressupostos relacionados a essa evolução são: o avanço tecnológico que permite um ganho de eficiência de 0,7% por ano a partir de 2012, o aumento da proporção dos automóveis *flex fuel* e a taxa obrigatória de incorporação de etanol anidro definido como 25% ao longo do período.



Figura 46 - Evolução dos veículos leves da frota nacional por tipo de motor (Fonte: MME/EPE, 2013)

A partir desse conjunto de dados, o Plano prevê um aumento de 5,9% a.a da frota nacional de veículos leves, resultando em uma frota de 59,3 milhões até o ano 2022, incluindo 76% de veículos *flex fuel*. Da mesma forma, os ganhos de eficiência energética relacionados com a transferência do modal rodoviário para o ferroviário de mercadorias estão integrados.

Na Figura 47 é ilustrada a tendência na evolução do consumo de energia no Brasil até 2022 e na Figura 48 é demonstrado o potencial de eficiência energética associada, baseado na melhoria tecnológica dos veículos. Estima-se o valor de 5,2% em 2022, que corresponde a um potencial de 7.030 ktep no país.

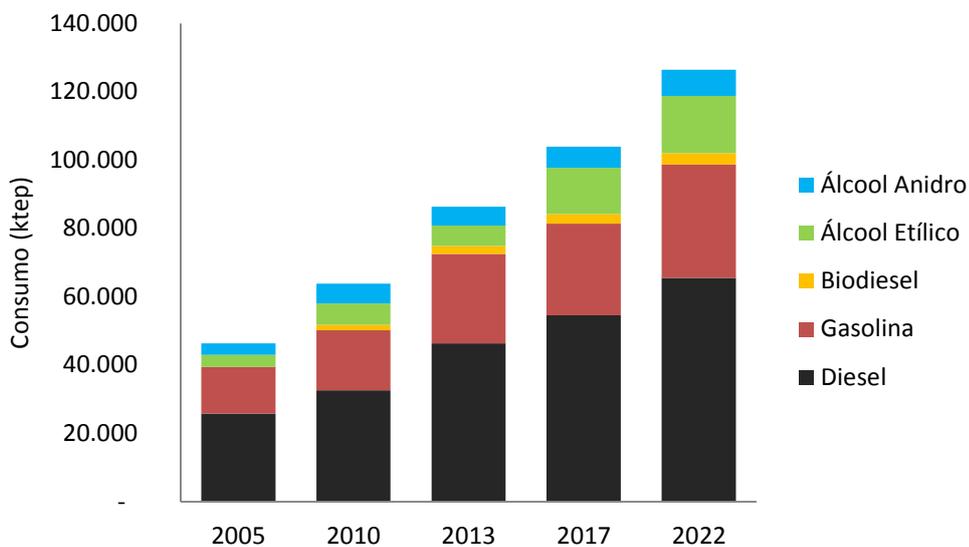


Figura 47 - Evolução do consumo de energia associado ao transporte no Brasil (Fonte: MME/EPE, 2013)

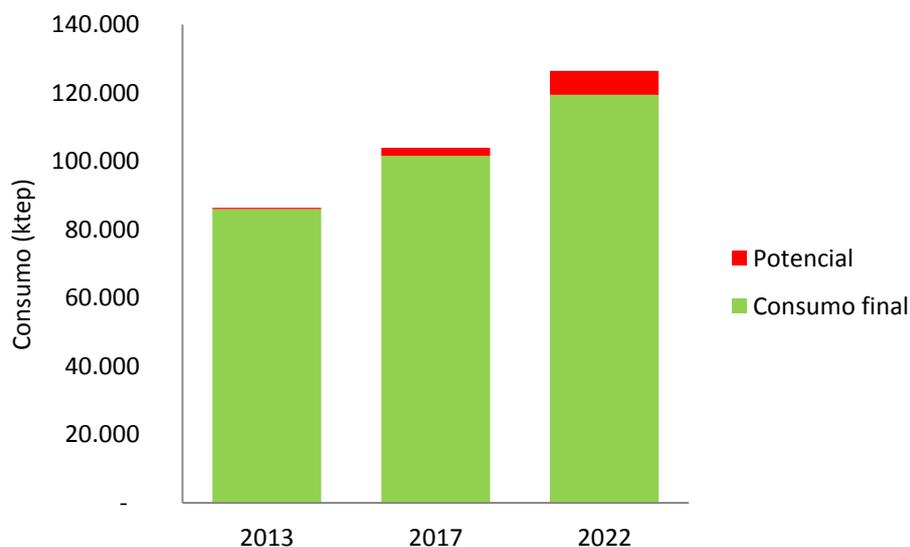


Figura 48 - Potencial de eficiência energética do setor de transportes no Brasil (Fonte: MME/EPE, 2013)

Uma primeira estimativa do potencial global de eficiência energética para o setor de transportes no estado pode ser obtida pela desagregação da meta nacional, considerando a evolução da demanda de Minas Gerais.

Na Figura 49 é mostrada a evolução do consumo final de energia ao longo do período 2005-2023 considerando o contexto mineiro. Cabe destacar que o consumo do setor chega a dobrar entre 2010 e 2022.

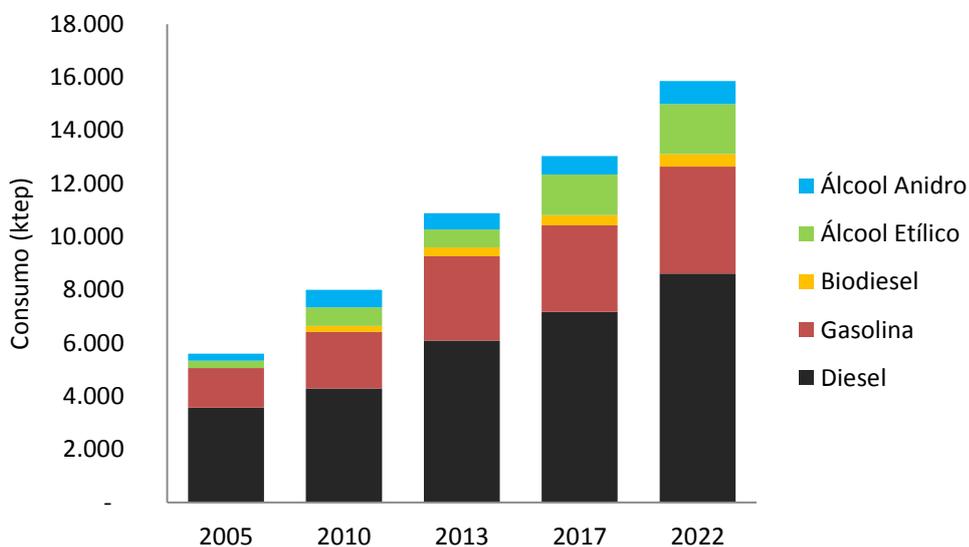


Figura 49 - Evolução do consumo de energia no setor dos transportes em Minas Gerais (Fonte: Elaboração própria)

Considerando a economia de energia estipulada no PDE 2022 (5,2% até 2022), o valor economizado em Minas Gerais representaria **824 ktep**.

A respeito do transporte de mercadorias, os três principais potenciais estão relacionados com a evolução tecnológica de caminhões, mudança de modal (rodoviária por ferroviária ou fluvial) e planejamento logístico.

De acordo com o PDE 2022, um importante ganho está relacionado ao potencial tecnológico dos caminhões. É importante observar que caminhões e ônibus, que respondem por apenas 7% da frota de veículos de Minas Gerais, são responsáveis por mais de 53% do consumo de energia final do setor.

Adicionalmente, pode ser considerada, em uma primeira abordagem, a eficiência energética aplicada aos motores de caminhões, que é semelhante aos veículos leves, ou seja, 0,7% por ano, que correspondem a um ganho de 7,2% em 2020, e 15% até 2030, em comparação com 2010.

Com relação às longas distâncias para o transporte de mercadorias, pode-se considerar de forma preliminar uma substituição de 8% dos fluxos existentes no modal rodoviário pelos modais ferroviários e hidroviários. Na

Tabela 10 é indicado o número de projetos e valor do investimento em Minas Gerais.



Tabela 10 - Projetos de desenvolvimento de infraestrutura ferroviária e fluvial em Minas Gerais (Fonte: SETOP, 2012)

Modal	Nº projetos	Investimentos (milhões de reais)
Ferrovário	5	3.476,4
Hidroviário	3	2.693,7

Efeitos significativos de otimização do fluxo de caminhões também podem ser obtidos por meio de planejamento de logística e distribuição, tais como o aumento da carga dos caminhões, a diminuição dos retornos sem cargas ou até mesmo o aumento da taxa de carregamento dos caminhões. Da mesma forma, também se pode melhorar a eficiência global do sistema de transporte de mercadorias em todo o estado.

Em particular, o potencial adicional associado a efeitos de redistribuição poderiam ser identificados, particularmente para reduzir os fluxos associados à importação e a exportação de certas mercadorias.

Finalmente, a utilização de rotas planejadas também pode ser uma indicação interessante para reduzir o consumo de energia, com a elaboração de modelos racionais visando tornar a logística de transportes mais eficiente.

No que diz respeito ao transporte de passageiros, várias ferramentas podem ser analisadas para avaliar o potencial de eficiência energética associado à mobilidade em áreas urbanas, além de deslocamentos de longa distância. Algumas das alternativas são elencadas a seguir:

- **Melhoria tecnológica dos veículos leves:** melhoria de 0,7% ao ano no rendimento dos motores em veículos leves. Além disso, como mencionado anteriormente, os veículos motores *flex* são apresentados como uma importante alternativa no Brasil, com a possibilidade de aumento do consumo de etanol hidratado, reduzindo o consumo de gasolina.
- **Reforçar a utilização dos transportes públicos urbanos:** é uma prioridade identificada no contexto particular do estudo do Banco Mundial, que tem por objetivo, em especial, um aumento de 350% em sistemas de transporte feitos com o BRT - *Bus Rapid Transit* e 281% de viagens no metrô. Verifica-se pela Tabela 11 um comparativo entre BRT, metrô e veículos leves sobre trilhos (VLT).

Tabela 11 - Comparação entre sistemas públicos de transporte (Fonte: IPCC, 2014).

	BRT	VLT	Metrô
Custo de capital (milhões de	5-27	13-40	27-330



USD ₂₀₁₀ /km)			
Comprimento que pode ser construído com 1 bilhão de USD ₂₀₁₀ (km)	37-200	25-77	3-37
Comprimento total no mundo em 2011 (km)	2.139	15.000	10.000
Intensidade direta de CO ₂ (gCO ₂ /km)	14-22	4-22	3-21
Capacidade (mil passageiros por hora por direção)	10-35	2-12	12-45

- **Trabalho remoto (*Home Office*) e caronas solidárias:** a prática de trabalho remoto e carona solidária são generalizadas na Europa, particularmente na França. O desenvolvimento da carona solidária para deslocamentos é uma prioridade, na medida em que esses movimentos são regulares no espaço e no tempo, o que favorece o estabelecimento de uma organização adaptada para partilhar caronas. Estima-se que um ganho de 5% possa ser alcançado por meio da implementação de tais medidas.
- **Ações restritivas para estímulo do uso de transporte público:** mapeamento de áreas críticas para o encontro de rotas alternativas e desestímulo ao uso de veículos individuais, além de pagamento de multa de acordo com o local de utilização do transporte individual.
- **Fortalecimento da diversidade funcional:** permite a redução da distância percorrida para satisfazer a mesma necessidade. É uma ferramenta de ação intimamente relacionada ao planejamento urbano e regional, o que pode representar um ganho significativo.
- **Veículos elétricos e híbridos:** a utilização de veículos elétricos permite significativa redução das emissões de GEE, por não necessitar de combustíveis derivados de petróleo. É uma tecnologia importante para evitar o aumento das emissões, principalmente nas grandes cidades.

Conclusões

O setor de transportes é um dos maiores consumidores de energia e emissores de GEE devido à combustão interna dos motores dos veículos.

Possivelmente mais do que em outros setores, as mudanças dos recursos tecnológicos irão desempenhar um papel fundamental na intensidade energética. A rotatividade dos equipamentos, sendo maior do que em outro setor (o tempo médio de vida de um veículo é de 15 anos), promove a penetração de veículos novos e mais eficientes. No entanto, ganhos significativos também estão relacionados a comportamentos e práticas de mobilidade.



Para estimular a utilização de carros elétricos e híbridos serão necessárias ações governamentais para a regulamentação e taxação do setor, na forma de incentivos para o desenvolvimento e disseminação da tecnologia.

Por fim, a urbanização também é uma importante área de trabalho, na medida em que a organização do território influencia diretamente as distâncias para chegar ao local de trabalho ou de transporte de mercadorias.

Estima-se de forma conservadora uma economia de energia de **5,2% até 2022**, o que representaria uma economia de **824 ktep** para o estado de Minas Gerais. Adicionalmente, recomenda-se a elaboração de um estudo detalhado do potencial de eficiência energética para o setor de transportes no estado, considerando cenários de penetração de veículos elétricos e híbridos e investimentos em sistemas de transporte público.

Capítulo 4 – Potencial de eficiência energética em residências

Contexto

O setor residencial é o terceiro maior consumidor de energia no Brasil, sendo a eletricidade a fonte principal. Somente o setor foi responsável pelo consumo de cerca de 24% da eletricidade total gerada em 2012. Em Minas Gerais, o setor é também o terceiro maior consumidor, representando 5,2% da demanda de energia do estado, com **1.870 ktep**.

Impulsionadas principalmente pela crise energética ocorrida em 2001, medidas de eficiência energética foram largamente implementadas no país, juntamente com campanhas de uso racional da energia que foram bem assimiladas pela população. Entretanto, os anos subsequentes demonstraram que as práticas e cultura de conservação de energia foram perdendo força na ausência de riscos de racionamento como ocorrido em 2001 e na descontinuidade das campanhas governamentais. Uma das medidas mais conhecidas foi a certificação dos eletrodomésticos dentro de níveis de eficiência que vão de A (mais eficiente) à E (menos eficiente) no âmbito do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) coordenado pelo Ministério de Minas e Energia. Este selo já está presente em grande parte dos equipamentos que são usados dentro das residências (lâmpadas, geladeiras, máquina de lavar, ar condicionado etc.), podendo o consumidor utilizar a eficiência energética como variável na tomada de decisão de compra dos equipamentos e respectivas marcas.



Consumo de energia e emissões de GEE

O setor residencial foi responsável por 9,4% do consumo final de energia do país em 2012, o que representou um aumento de 2,08% com relação a 2011. Verifica-se na Tabela 12 as fontes consumidas pelo setor no ano de 2012 e na Figura 50 a evolução do consumo no setor no período de 2003 a 2012.

Tabela 12 - Evolução do consumo energético por fonte no setor residencial brasileiro (Fonte: EPE, 2013)

Fontes	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Gás natural	172	181	197	207	221	229	238	255	280	296
Lenha	7.964	8.074	8.235	8.276	7.812	7.706	7.529	7.276	6.505	6.472
Gás Liquefeito de Petróleo	5.710	5.828	5.713	5.710	5.896	6.043	6.115	6.298	6.364	6.393
Querosene	14	13	17	16	9	9	8	4	5	5
Gás canalizado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eletricidade	6.458	6.758	7.155	7.380	7.816	8.220	8.655	9.220	9.629	10.118
Carvão vegetal	493	503	517	502	517	531	584	509	483	478
Total	20.902	21.957	21.827	22.090	22.271	22.738	23.129	23.562	23.267	23.761

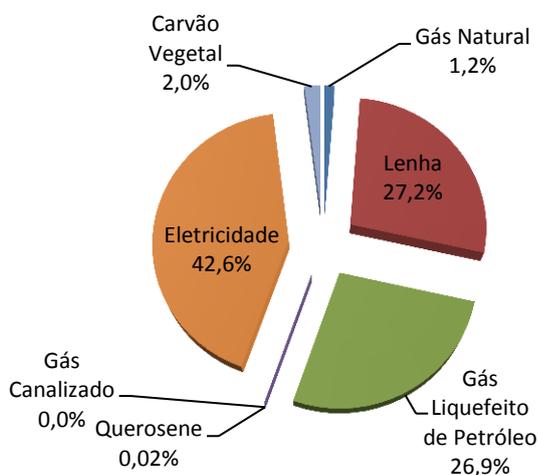


Figura 50 - Evolução do consumo energético por fonte no setor residencial brasileiro (Fonte: EPE, 2013)



O consumo de lenha tem apresentado forte redução, enquanto a participação da eletricidade e GLP encontram-se em crescimento (Figura 51).

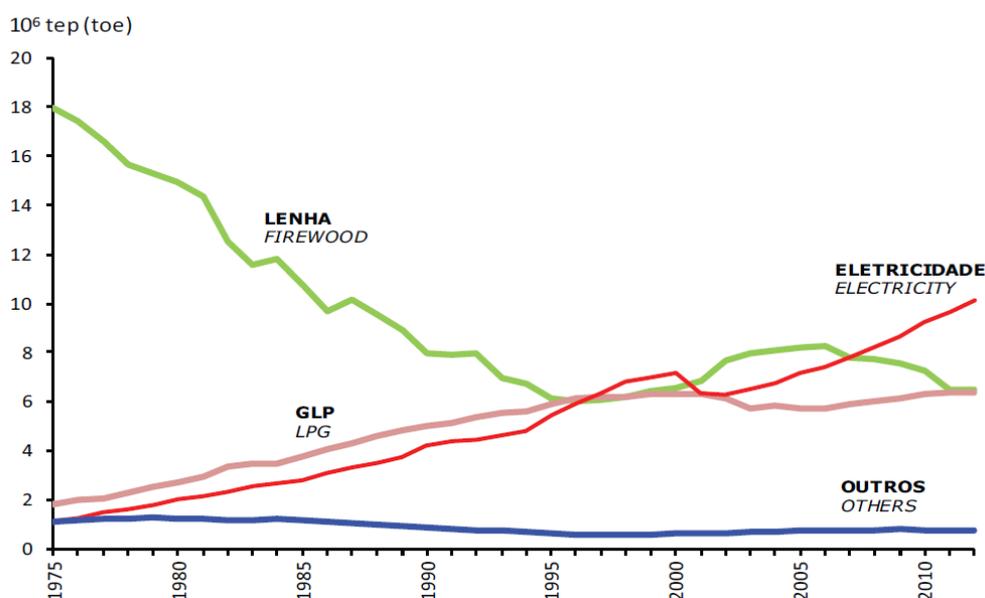


Figura 51 - Evolução da participação de fontes energéticas no setor residencial (Fonte: EPE, 2013)

Com relação às emissões de GEE no cenário nacional, o setor residencial emitiu 18.589 Gg CO₂ (6,57% do total) e 92,6 Gg CH₄ (16% do total).

Considerando somente o cenário mineiro, o consumo de energia residencial também é o terceiro maior entre os setores socioeconômicos, com o equivalente a 5,2% do consumo total do estado. Vale ressaltar que Minas Gerais tem cerca de 6.032.910 de consumidores atendidos, um aumento de 2,9%¹⁵ com relação ao ano anterior. Na Tabela 13 é apresentada a evolução do consumo final no setor residencial em Minas Gerais.

Tabela 13- Evolução do consumo energético no setor residencial por fonte (Fonte: CEMIG, 2012)

Fonte de energia	mil tep														
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Lenha	1978	1857	1881	2188	2376	2328	2166	1949	2144	2155	2034	2007	1960	650	412
Outras fontes	54	54	55	58	59	58	52	48	43	39	36	33	30	27	0

¹⁵CEMIG, 2012.



primárias ¹															
Gás Liquefeito de Petróleo	650	661	677	644	684	693	702	764	832	828	823	843	853	663	665
Querosene	8	6	4	7	7	8	5	3	1	1	1	1	1	0	0
Eletricidade	626	666	682	695	593	584	599	599	606	612	628	651	6692	727	761
Carvão vegetal	16	16	16	16	16	17	17	17	18	18	19	19	21	18	33
Total	3332	3260	3315	3608	3735	3688	3541	3380	3644	3653	3540	3553	3557	2085	1870
¹ Licor negro e resíduos de biomassa industrial e agrícola															

A composição do consumo no setor pode ser visto na Figura 52.

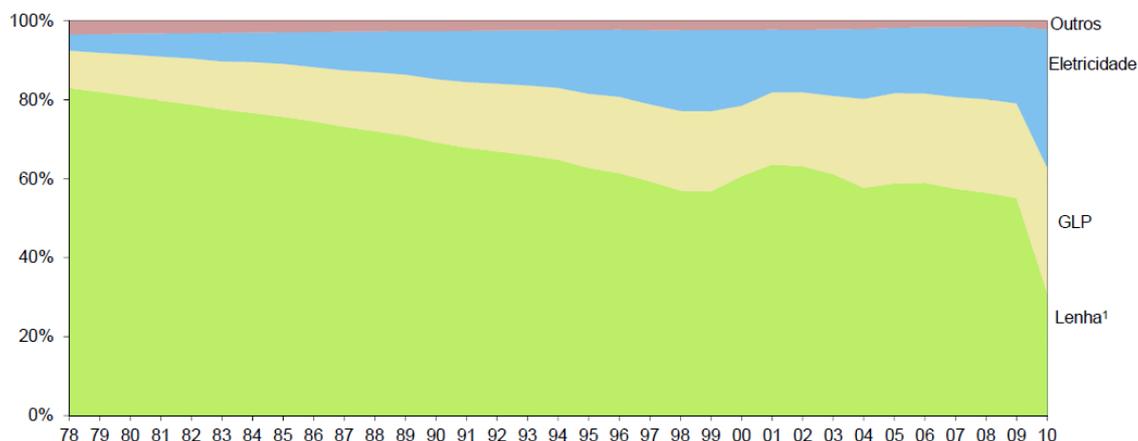


Figura 52 - Composição do consumo no setor residencial em Minas Gerais (Fonte: EPE, 2013)

Segundo dados da CEMIG, a energia elétrica comercializada pela Companhia, no ano de 2012, totalizou 63.350 GWh (sendo 46.216 GWh para consumidores finais), com decréscimo de 1,6% em relação ao ano de 2011. Desse total, 14% é consumido no setor residencial (crescimento de 3,8% em relação a 2011). Esse aumento de consumo desta classe está associado à ligação de novas unidades consumidoras e ao maior consumo de bens e serviços pelas famílias.

Em Minas Gerais, o setor residencial foi responsável pela emissão de 2.281,4 Gg CO₂ equivalente, valor que representa 1,85% das emissões totais (FEAM, 2014).

Uso da energia

Os usos da energia no setor residencial se caracterizam principalmente pela utilização de eletrônicos, eletrodomésticos e chuveiro elétrico e, de acordo com a CEMIG, atingiu em 2012, 8.871 GWh. Na Figura 53 é ilustrada a distribuição do consumo de eletricidade no setor residencial na região Sudeste em 2005.

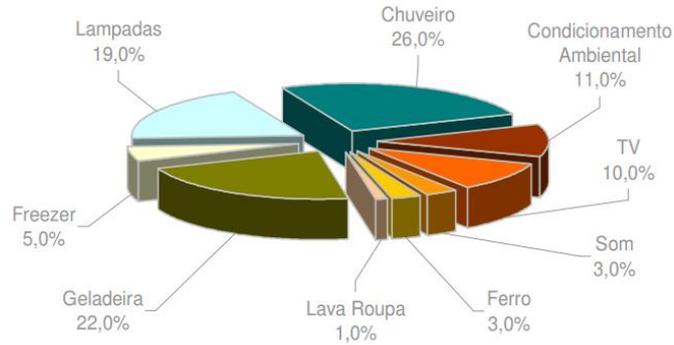


Figura 53 - Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial na região Sudeste (Fonte: Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso – Ano Base 2005 – PROCEL)

Já na Figura 54 é mostrada a curva de carga média diária de um domicílio da região Sudeste, para avaliar, em particular, o consumo de pico entre 19h e 21h.

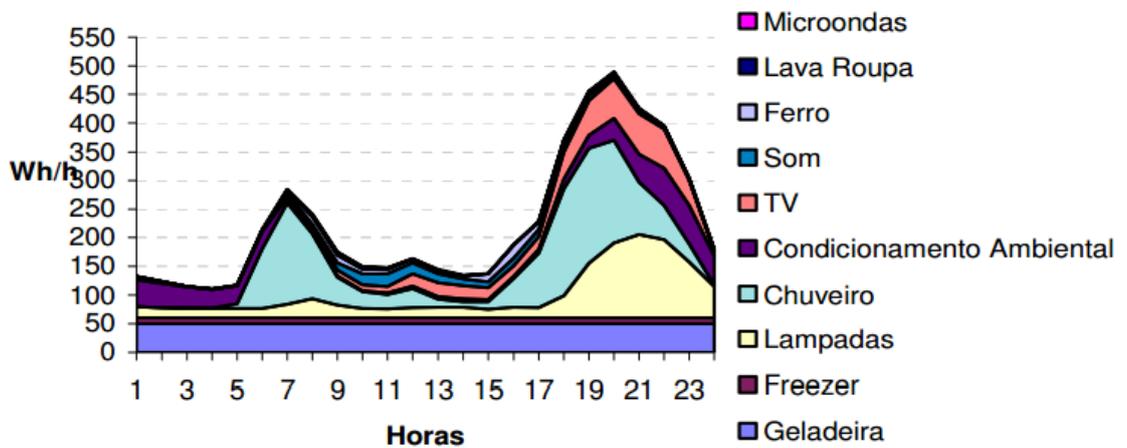


Figura 54 - Curva de carga diária média na região Sudeste (Fonte: Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso – Ano Base 2005 – PROCEL)

É possível perceber que a carga no horário de pico tem grande influência do uso de chuveiros elétricos e de lâmpadas. A distribuição por faixa de consumo pode ser visto na Figura 55.

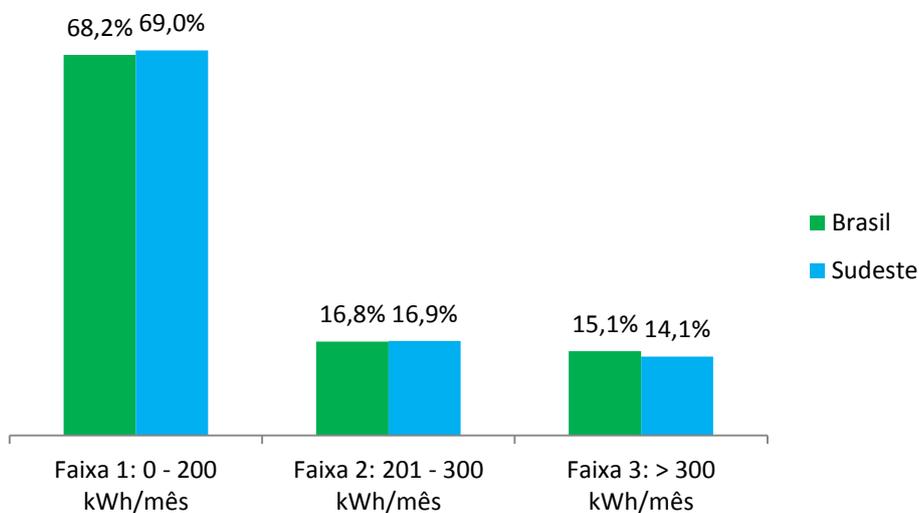


Figura 55 - Distribuição da amostra por faixa de consumo (Fonte: Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso – Ano Base 2005 – PROCEL)

Verifica-se que a região Sudeste segue a tendência brasileira de distribuição dentro das faixas de consumo de energia. Na Tabela 14 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** pode-se observar a composição do tipo de domicílio, média de moradores e preço pago pela energia elétrica em cada faixa de consumo.

Tabela 14- – Distribuição do tipo de domicílio, média de moradores e preço da energia na região Sudeste por faixa de consumo (Fonte: adaptado de Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso – Ano Base 2005 – PROCEL)

Faixa	Tipo de Domicílio			Média de moradores	Preço da Energia*
	Casa	Apartamento	Outros		
Faixa 1: 0 - 200 kWh	84,8%	14,9%	0,30%	3,11	Até 30 kWh = 0,13649; de 31 a 100 kWh = 0,23399; de 101 até 200 = 0,35098
Faixa 2: 201 - 300 kWh	80,5%	19,2%	0,30%	3,92	De 201 a 220 = 0,35098; de 221 a 300 = 0,38999
Faixa 3: > 300 kWh	74,0%	25,0%	1,00%	4,17	0,38999

*Preço foi definido considerando os valores de tarifas e serviços de consumidores de baixa tensão na CEMIG.



A faixa 1 é dividida em um grupo de faixa de consumo entre 0-100 kWh/mês e outro grupo com faixa de consumo entre 101 e 200 kWh/mês. Um diagnóstico dos hábitos de uso da iluminação, refrigeração de alimentos, condicionamento térmico e aquecimento de água pode ser visto a seguir. Os mesmos foram selecionados para uma análise detalhada em função da sua participação no consumo residencial no Sudeste.

Iluminação

A iluminação representa, em média, 19% do consumo de energia dentro do setor residencial, com fortes variações dependendo do perfil do domicílio. Comparativamente, a iluminação representa 47% do consumo total de eletricidade dos domicílios da faixa 1, mas apenas 11% para a faixa 3.

As lâmpadas ineficientes (incluindo as incandescentes) representam 46% do número de lâmpadas dentro de um domicílio que se encontra na faixa 3 e 89% na faixa 1. Em média, 73% das lâmpadas usadas nas residências da região Sudeste são consideradas pouco eficientes conforme pode ser visto na Figura 56.

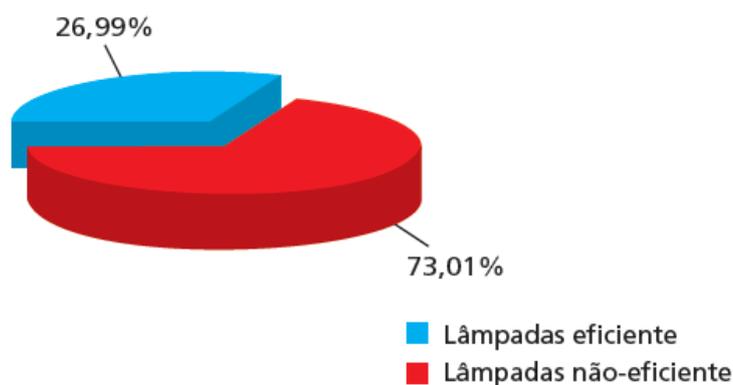


Figura 56- Distribuição da lâmpada por eficiência (Fonte: Simulação de Potenciais de Eficiência Energética para a Classe Residencial – PROCEL)

Refrigeração de alimentos

O consumo médio de refrigeradores na região Sudeste é de cerca de 38 kWh/mês. As geladeiras ocupam o segundo lugar na participação de consumo dentro do setor residencial, com 22%. Há, aproximadamente, um refrigerador para cada residência na região e 41% destes têm etiqueta A, 12% possuem B e 26% têm E para eficiência energética (Figura 57); freezers representam apenas 5% do consumo no setor residencial e na Figura 58 é mostrada a posse de freezers por faixa de eficiência.

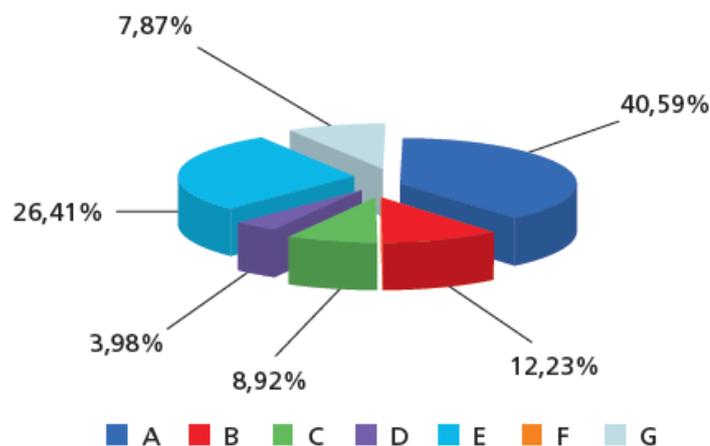


Figura 57 - Distribuição de geladeiras por faixa de eficiência (Fonte: Simulação de Potenciais de Eficiência Energética para a Classe Residencial – PROCEL)

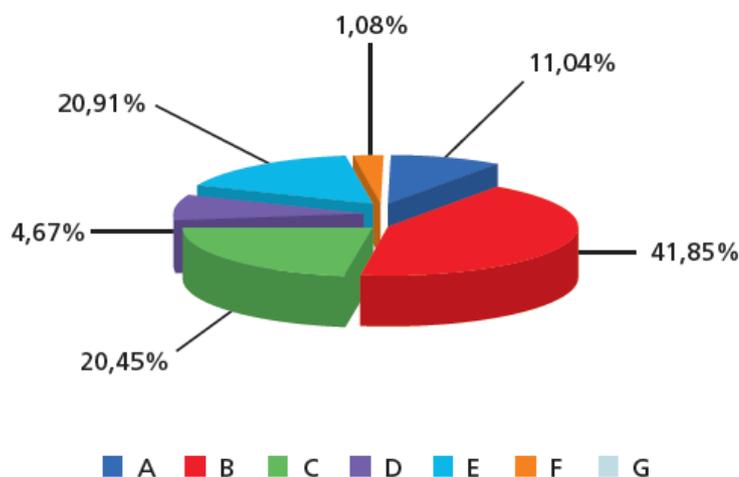


Figura 58 - Distribuição de freezers por faixa de eficiência (Fonte: Simulação de Potenciais de Eficiência Energética para a Classe Residencial – PROCEL)

Condicionamento térmico

O condicionamento térmico representa 11% do consumo de energia do setor, com diferenças para cada uma das faixas de consumo. Dentro da faixa 1, a classe de consumo entre 0 e 100 kWh/mês possui, em média, 0,03 aparelhos por domicílio, sendo 60% deles com nível A de eficiência. Já entre 101 a 200 kWh/mês o número de aparelhos sobe para 0,05 por residência, sendo 73% deles de nível máximo de eficiência. Na faixa 2, o número de aparelhos é de 0,085 por residência, com 62% deles pertencentes ao nível A de eficiência. Por fim, a faixa 3 possui cerca de 0,30 aparelhos de ar condicionado por residência, sendo



58% deles de eficiência máxima. A posse média total e a faixa de capacidade térmica, considerando todas as faixas de consumo, podem ser vistas na Figura 59.

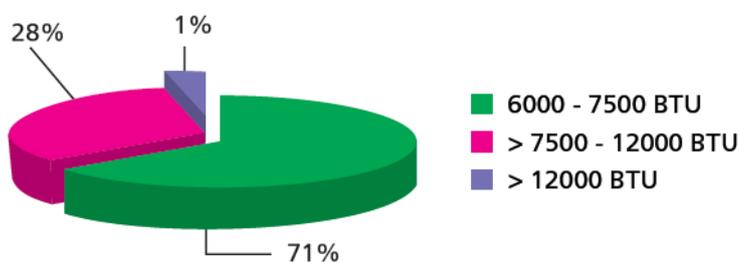


Figura 59 - Posse dos condicionadores de ar no condicionamento térmico (Fonte: Simulação de Potenciais de Eficiência Energética para a Classe Residencial – PROCEL)

Aquecimento de água

O chuveiro elétrico possui a maior participação no consumo total de energia elétrica no setor. O consumo deste equipamento cresce à medida em que se avançam os grupos de consumo, mas seu peso relativo tende a ser menor quanto menor for o grupo de consumo.

Dentro da faixa 1, a classe entre 0 e 100 kWh/mês tem consumo mensal de cerca de 38 kWh/mês, com participação no consumo total em 60,73% no grupo. Já entre 101 a 200 kWh/mês, o consumo mensal cresce para 61%, com participação no consumo total do grupo em aproximadamente 40%. Na faixa 2, o consumo mensal é de 71%, mas a participação do grupo é restrita a 30%. Por fim, a faixa 3 apresenta consumo de 75,5% e participação no consumo total em cerca de 16%.

A potência média do dispositivo é da ordem de 4,2 kW e o número de equipamentos salta de 0,9 na faixa 1 para 1,4 na faixa 3.

Potencial de eficiência energética

Nacionalmente, por meio do PROCEL, já existem resultados bastante expressivos com relação à energia economizada, conforme pode ser visto na Figura 60. Porém, muitas outras ações ainda podem ser realizadas para uma maior conservação de energia no país.

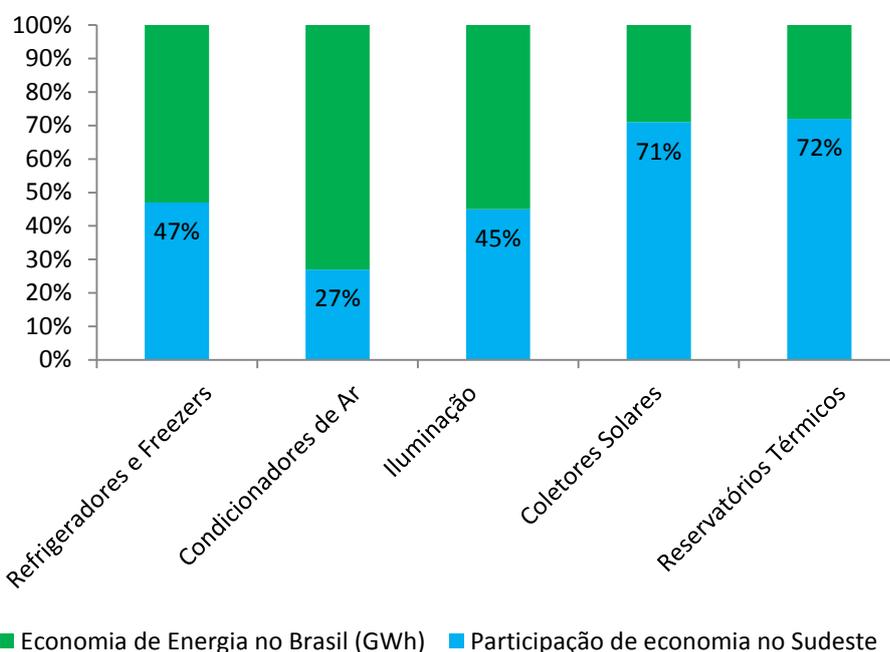


Figura 60 - Distribuição da energia economizada por equipamento com o Selo Procel Eletrobrás em 2012 (Fonte: adaptado de Resultados PROCEL 2013 – Ano Base 2012)

Verifica-se que a parcela de economia de energia referente à região Sudeste está sempre entre os maiores no Brasil, sendo que o potencial de economia a ser explorado ainda é muito grande. O número de residências que poderiam ser atendidas durante um ano com a economia de energia por meio das ações do Procel em 2012 é de 4,77 milhões. Na Tabela 15 estão relacionados os valores economizados no Brasil.

Tabela 15- Economia de energia por equipamento no Brasil e redução na demanda de ponta (Fonte: adaptado de Resultados PROCEL 2013 – Ano Base 2012)

Equipamentos	Economia de Energia (GWh)	Redução na demanda de ponta (MW)	Participação de economia no Sudeste
Refrigeradores e Freezers	2641,29	376,90	47%
Condicionadores de Ar	619	838*	27%
Iluminação	2856	1197	45%
Coletores Solares	36,61	492,13	71%
Reservatórios Térmicos	26,98	7,70	72%

*Considera valor economizado nos setores residencial e comercial

Existem ainda diferentes cenários para avaliar o potencial de conservação da energia no setor residencial para os horizontes de 2015 e 2030 conforme abaixo:



- **Cenário técnico:** é o cenário que considera uma economia de energia resultante do uso das alternativas energéticas mais eficientes. É, portanto, o cenário mais ambicioso;
- **Cenário econômico:** é o cenário que considera restrições econômicas, ou seja, leva em conta somente as ações com um custo-benefício positivo;
- **Cenário de mercado:** integra parâmetros do cenário anterior, mas leva em conta a ótica do mercado, com critérios mais rigorosos, que incorporem custo de oportunidade e analisem em função do valor presente líquido (VPL), tempo de retorno de investimento e razão benefício/custo.

Na Figura 61 estão ilustrados os potenciais técnico, econômico e de mercado para cada classe de consumo.

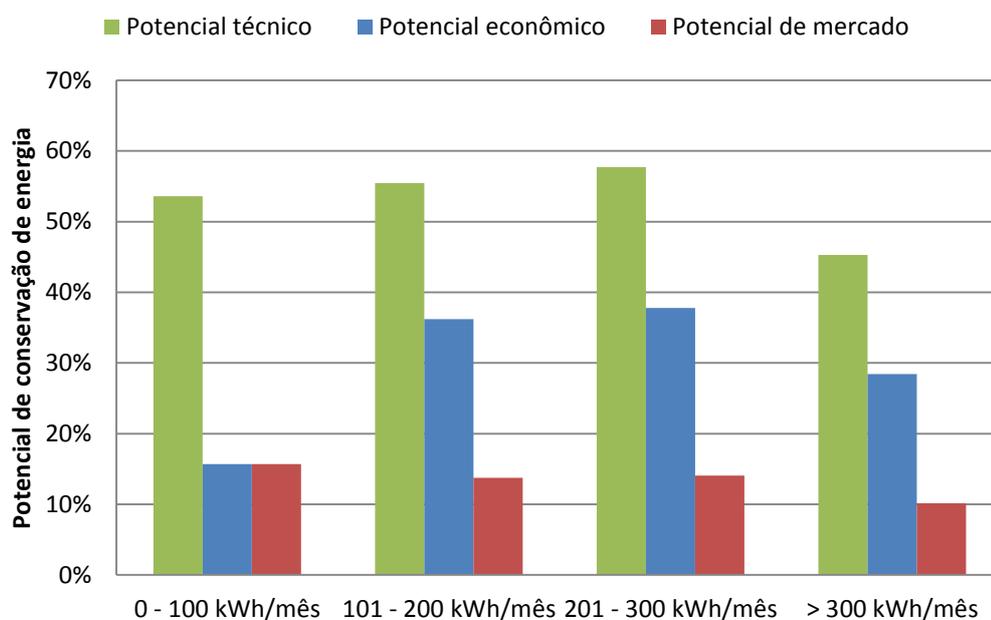


Figura 61 - Potenciais de conservação de energia no Sudeste (agregado) (Fonte: adaptado de Simulação de potenciais de eficiência energética para a classe residencial)

Já o potencial de conservação por uso final pode ser visto na Figura 62.

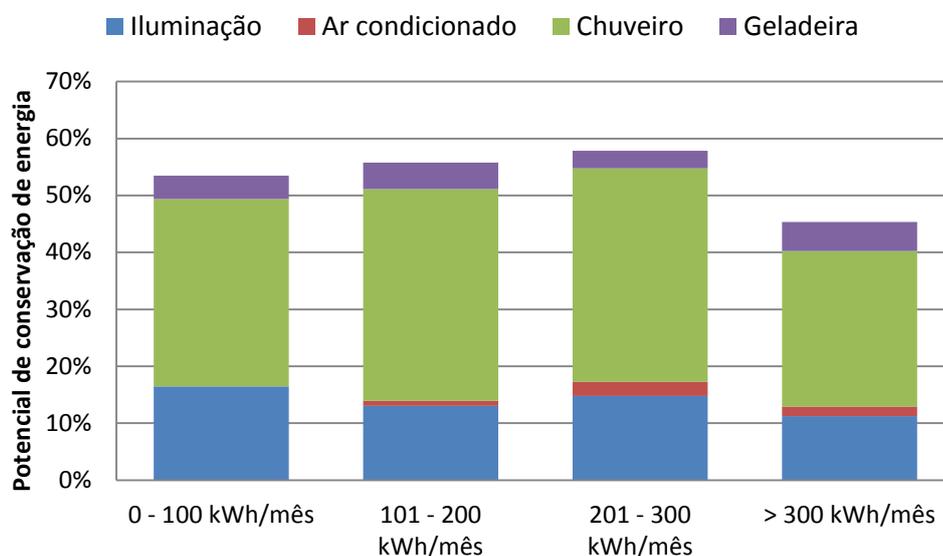


Figura 62 - Potenciais de conservação de energia no Sudeste por uso final (Fonte: adaptado de Simulação de potenciais de eficiência energética para a classe residencial)

Com base nas informações anteriores, pode-se inferir um potencial para Minas Gerais sabendo que o consumo de eletricidade residencial foi de **8.454 GWh** em 2010 (727 ktep). Os valores estimados para o potencial técnico são da ordem de **4.500 GWh**, para o potencial econômico de **2.516 GWh** e para o potencial de mercado de **1.141 GWh**. Portanto, o potencial de conservação de energia varia dependendo do cenário escolhido como referência.

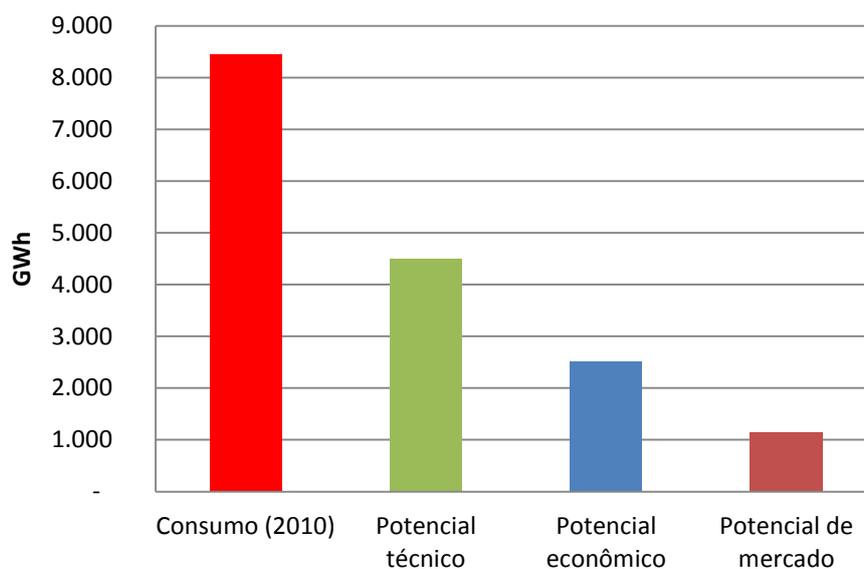


Figura 63 - Potencial técnico, econômico e de mercado para redução do consumo de energia elétrica no setor residencial em Minas Gerais (Fonte: adaptado de Simulação de potenciais de eficiência energética para a classe residencial)



Smart Grid

Uma das oportunidades de redução da carga no horário de pico do sistema elétrico brasileiro está ligada diretamente ao uso de *smart grids* ou redes inteligentes. Essas redes são automatizadas com medidores de qualidade e de consumo de energia em tempo real, ou seja, o consumidor poderá verificar em qual horário a energia é mais barata e conseqüentemente buscar usá-la nesses períodos. Esses sistemas podem reduzir em 20% a necessidade de investimento na construção de usinas para atender o pico de consumo de um sistema elétrico¹⁶.

Nos Estados Unidos já existem diversas pesquisas que indicam que é possível conseguir uma economia de energia em torno de 10% com o *smart grid*, utilizando-se apenas o estímulo do preço¹⁷. Outro benefício é a oportunidade mais clara de que o consumidor torne-se também um produtor de energia, gerando-a a partir de fontes como solar, eólica e outras, utilizando-a em sua própria residência, além de vender o excedente para a concessionária a partir das regras impostas pela Agência Reguladora.

GLP e Lenha

O uso do gás liquefeito de petróleo (GLP) e lenha no Brasil como combustíveis para a cocção de alimentos é muito popular pela relativa facilidade de transporte e armazenamento. Segundo a EPE, dentro de uma perspectiva de longo prazo, em um cenário de crescimento da renda, favorecendo o desenvolvimento tecnológico e a expansão do emprego, a tendência deverá ser a substituição continuada da lenha pelo GLP. Essa substituição é claramente vantajosa do ponto de vista da eficiência energética. Contudo, não houve contabilização neste trabalho do ganho da eficiência energética com a substituição dessas fontes.

Surgem ainda como alternativas o uso de redes de distribuição de gás natural canalizado e o sistema de envasamento e distribuição realizado pela GASMIG.

Barreiras associadas

As oportunidades de economia de energia elétrica são múltiplas, mas muitas encontram barreiras em questões econômicas. Apesar da existência do selo Procel de Eficiência Energética na maior parte dos equipamentos de uso doméstico, estes tendem a ter preço maior e não deixam claro sobre o custo-benefício ao consumidor pela aquisição do produto, que pode ser levado a pensar somente no valor inicial e não no retorno econômico oriundo do menor gasto de energia. Outro exemplo são as lâmpadas de LED que ainda não tiveram

¹⁶Valor Econômico

¹⁷Procel Info



uma significativa penetração no mercado, possuindo preços muitas vezes não acessíveis a todas as classes sociais.

Com relação às *smart grids*, ainda existem preocupações quanto à segurança cibernética dos sistemas.

Conclusões

Existem diversas oportunidades de eficiência energética no setor residencial em Minas Gerais, principalmente com relação ao aquecimento de água. O uso de coletores solares, por exemplo, poderia gerar grande economia, além de reduzir a carga no horário de pico. A iluminação por meio de lâmpadas mais eficientes também representa um nicho a ser melhor explorado.

Aliar o uso de equipamentos mais eficientes com o sistema de *smart grid* pode também trazer benefícios à concessionária, com menor necessidade de construção de novos empreendimentos e dando mais segurança ao sistema já implantado. É preciso, no entanto, que ações que coordenem tais fatores sejam definidas pelo governo e que haja maiores estudos que demonstrem a viabilidade técnica e econômica desses sistemas. Adicionalmente, sugere-se a elaboração de estudos de custo-efetividade para a substituição de fontes energéticas e tecnologias que propiciem a eficiência energética no setor residencial mineiro. O potencial estimado para o setor residencial no estado varia de **98 ktep a 387 ktep** de acordo com o cenário de referência.

Capítulo 5 – Potencial de eficiência energética nos setores público e comercial

Contexto

Em 2012, os setores público e comercial consumiram respectivamente 1,5% e 3% da energia gerada no Brasil. A principal fonte usada para abastecimento é a eletricidade (no setor público, 91,6%, e no setor comercial, 89%). Em Minas Gerais, o setor consumiu 845 mil tep, cerca de 2% do consumo total do estado em 2011.

Consumo de energia e emissões de GEE

O chamado “setor terciário”, que inclui os setores público, comercial e de serviços, teve ligeira redução no consumo de energia entre 2011 e 2012. Verifica-se pela Tabela 16 e Tabela 17 a evolução do consumo nos setores no período de 2003 a 2012.

Tabela 16- Evolução do consumo energético por fonte no setor comercial brasileiro (Fonte: EPE, 2013)



Fontes	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	10 ³ tep
Gás natural	206	216	233	266	275	171	190	202	188	193	
Lenha	78	71	73	74	77	78	80	89	95	96	
Óleo diesel	86	103	53	54	56	59	57	36	9	9	
Óleo combustível	129	142	115	110	116	122	122	25	19	19	
Gás Liquefeito de Petróleo	272	284	309	308	302	309	135	298	352	438	
Gás canalizado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Eletricidade	4.160	4.307	4.600	4.749	5.034	5.375	5.674	5.996	6.369	6.864	
Carvão vegetal	63	66	67	69	73	78	78	86	92	90	
Outros derivados de petróleo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total	4.994	5.188	5.4552	5.631	5.935	6.190	6.335	6.731	7.124	7.710	

Tabela 17- Evolução do consumo energético por fonte no setor público brasileiro (Fonte: EPE, 2013)

Fontes	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	10 ³ tep
Gás natural	36	48	49	55	56	58	59	60	44	45	
Lenha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Óleo diesel	118	125	85	91	94	96	97	12	4	7	
Óleo combustível	116	53	61	55	85	57	57	3	6	8	
Gás Liquefeito de Petróleo	391	460	441	410	422	409	373	381	421	256	
Querosene	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Gás canalizado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Eletricidade	2.555	2.588	2.815	2.842	2.900	2.972	3.031	3.180	3.283	3.433	
Carvão vegetal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Outros derivados de petróleo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total	3.216	3.273	3.451	3.453	3.557	3.622	3.648	3.636	3.758	3.749	



Com relação às emissões de GEE, o Brasil emitiu cerca de 1.246.477 Gg (milhares de toneladas) de dióxido de carbono equivalente em 2010. O setor terciário foi responsável por 4.434 Gg CO₂ (1,16% do total emitido pelo Brasil) e 1.662 Gg CH₄ (0,28% do total) (MCTI, 2013).

Considerando o estado de Minas Gerais, o consumo de energia nos setores comercial e público foi de 845 mil tep, ou 2,4% do total consumido no território mineiro. Essa parcela é pouco maior que o valor que representa as perdas energéticas com processos e transformações (752 mil tep). Desse total, a energia elétrica representa cerca de 93% do total consumido. Na Tabela 18 é demonstrada a evolução do consumo final no setor terciário em Minas Gerais.

Tabela 18 - Evolução do consumo energético no setor terciário por fonte (Fonte: CEMIG, 2012)

Setor comercial														10 ³ tep	
Fonte de energia	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Gás natural	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	2	7	7	8
Lenha	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	12	15
Óleo diesel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Óleo combustível	9	8	8	9	9	9	9	9	9	9	10	10	10	11	12
Gás Liquefeito de Petróleo	11	11	12	15	21	19	20	20	20	20	21	22	23	16	19
Eletricidade	262	286	303	326	297	299	310	322	342	351	376	403	427	448	488
Carvão vegetal	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
Total	294	318	336	364	341	341	353	365	385	397	424	453	483	498	548
Setor público														10 ³ tep	
Fonte de energia	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Gás natural	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1
Óleo combustível	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
Gás Liquefeito de Petróleo	-	1	1	1	1	1	1	-	-	3	3	3	2	-	-
Eletricidade	204	213	220	226	208	217	234	234	239	247	254	255	260	268	295
Total	206	216	223	229	221	220	237	236	241	251	258	259	264	270	297



É possível verificar que, apesar do maior uso da eletricidade, ainda é representativo o uso de outras fontes como lenha, gás natural, GLP, óleo combustível e carvão vegetal. No setor público, principalmente devido à iluminação pública de vias e ruas, o consumo é baseado quase totalmente a partir da eletricidade. A composição do consumo no setor pode ser vista na Figura 64.

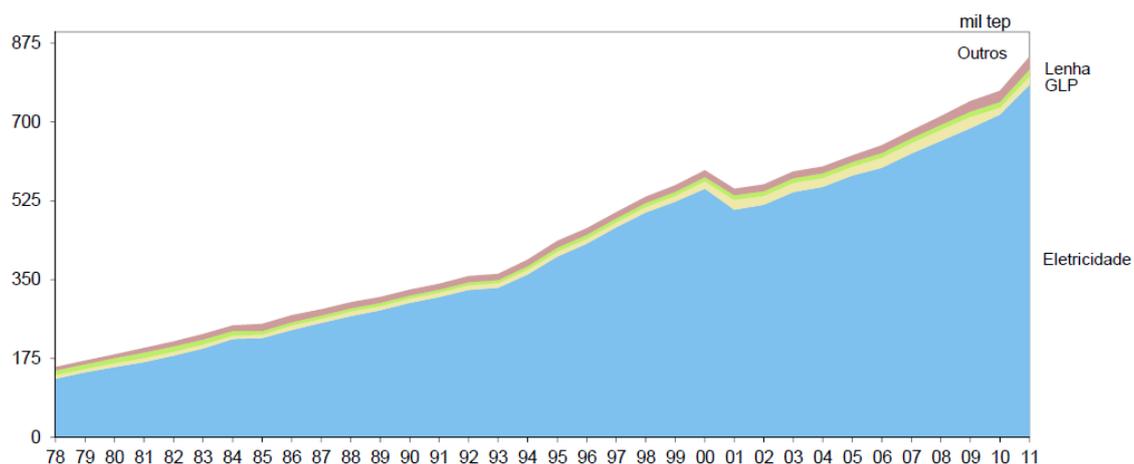


Figura 64 - Composição do consumo no setor terciário em Minas Gerais (Fonte: CEMIG, 2012)

Com relação às emissões de GEE, os setores público e comercial foram responsáveis pela emissão de 530,6 GgCO₂ equivalente, valor que representa 0,43% das emissões no estado (FEAM, 2014).

Uso da Energia

No setor público, uma grande parcela da eletricidade é usada para a iluminação de vias públicas. As lâmpadas usadas na iluminação das vias são geralmente de vapor de mercúrio e de vapor de sódio de alta pressão (ineficientes sob o ponto de vista energético).

No setor comercial e de serviços, os maiores gastos energéticos estão relacionados ao uso de equipamentos de ar condicionado, balcões frigoríficos, elevadores e iluminação. Nesse setor não é comum a ocorrência de uso de aquecedores de água. Com o aumento da atividade varejista e o baixo índice de desemprego, o setor comercial em Minas Gerais tem registrado um crescimento do consumo de energia elétrica. Isso também se deve à maior ocupação dos hotéis, maior movimentação em aeroportos, entre outros.

Potencial de eficiência energética

Esse estudo não dispõe de um documento específico sobre a eficiência energética do setor terciário no estado de Minas Gerais. A CEMIG e a FEAM têm um projeto para o desenvolvimento de um Atlas de eficiência energética que deverá ser lançado em 2015 e que deverão incluir dados técnicos do potencial específicos sobre este setor.



Com relação à iluminação pública, verifica-se a oportunidade do uso de lâmpadas de LED nas vias públicas. Além de ser vantajosa em termos de consumo de energia (economiza cerca de 33% de eletricidade¹⁸), a tecnologia de LED reduz também os custos operacionais da instalação, além de demandar menos manutenção. Com uma vida útil maior, a luz gerada pelo LED apresenta uma pureza de cores maior em um tamanho de lâmpada menor. Com isso, as vias públicas ficam melhor iluminadas com um menor gasto de energia, significando maior segurança das vias e eficiência energética. Além disso, existe a oportunidade de um sistema composto pela lâmpada de LED sendo alimentada por uma placa fotovoltaica ou pequeno aerogerador, que geraria energia durante o dia, armazenando-a em uma bateria para uso posterior à noite.

Assim como para o setor residencial, vários estudos têm sido realizados na esfera federal para prédios públicos e comerciais. O Programa de Eficiência Energética nos Prédios Públicos (PROCEL EPP), criado em 1997, visa desenvolver medidas de eficiência energética em edifícios públicos. A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), estabelecida em 2001 com a promulgação da Lei nº 10.295, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, define níveis de classificação da eficiência energética em edifícios comerciais, públicos e de serviços.

Os requisitos para obtenção da ENCE estão relacionados à envoltória do prédio, ao sistema de iluminação e ao sistema de condicionamento de ar. Todos os sistemas são avaliados individualmente e têm níveis de eficiência que variam de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). Caso o projeto busque uma etiquetagem geral de seu conjunto, todos os critérios devem ser avaliados e os resultados são inseridos em uma equação com pesos diferenciados para cada um deles.

Com o processo de etiquetagem de prédios, a população deverá demandar por imóveis mais eficientes, ou seja, a eficiência energética será um indicador valorizado no momento da escolha do imóvel. Além disso, esse processo provoca mudanças em toda a cadeia do setor da construção civil. Os insumos, produtos e equipamentos necessários na construção de edifícios são afetados e ações positivas no aspecto econômico, social e ambiental ecoam em toda a cadeia, gerando um círculo virtuoso com ganhos para a sociedade como um todo.

De acordo com o programa PROCEL Prédios Públicos, o potencial de conservação de energia nesse setor situa-se na faixa de 20%, com base em um retorno de experiência de projetos realizados entre 2002 e 2007. Este potencial sobe para 25% a 60% quando se leva em conta somente o consumo de eletricidade.

A Tabela 19 mostra o potencial identificado no setor público sob o PDE 2022. Para este setor, o consumo de eletricidade é também superior a 90% do consumo total e o potencial identificado é de 7,7% até 2022 para o consumo de eletricidade.

¹⁸ANGLOGOLD ASHANTI, 2012.



Tabela 19- Consumo de energia e eficiência energética do setor público no Brasil (Fonte: EPE, 2013)

Discriminação	2013	2017	2022
Energia Total (mil tep)			
Consumo sem conservação	4.029	2.697	5.684
Energia conservada	16	148	417
Energia conservada (%)	0,4	3,1	7,3
Consumo com conservação	4.013	4.549	5.267
Energia elétrica (GWh)			
Consumo sem conservação	41.194	48.275	58.851
Energia conservada	168	1.596	4.517
Energia conservada (%)	0,4	3,3	7,7
Consumo com conservação	41.026	46.679	54.334

Assim, bem como para o setor residencial, há diferenças significativas em termos de potencial identificado, tanto em termos de horizonte temporal, mas também em termos de objetivos quantitativos propostos: de 7,7% até 25% para o potencial de conservação de eletricidade no setor público.

Um raciocínio semelhante poderia ser proposto para o setor comercial, onde o PDE 2022 apresenta um potencial de 4,7% para o horizonte de 2022 e para todos os usos (não apenas da eletricidade).

Com base nas informações sintetizadas anteriormente, estima-se o potencial de eficiência energética para Minas Gerais, sabendo que o consumo de eletricidade do setor terciário (comercial e público) representou **9.106,29 GWh** em 2010 (ou seja, **783 ktep**). O potencial técnico identificado é, portanto, de **2.276 GWh** e o potencial de mercado é de **455 GWh**. Foi selecionada uma hipótese de 25% para um potencial técnico e somente de 5% para o potencial de mercado.

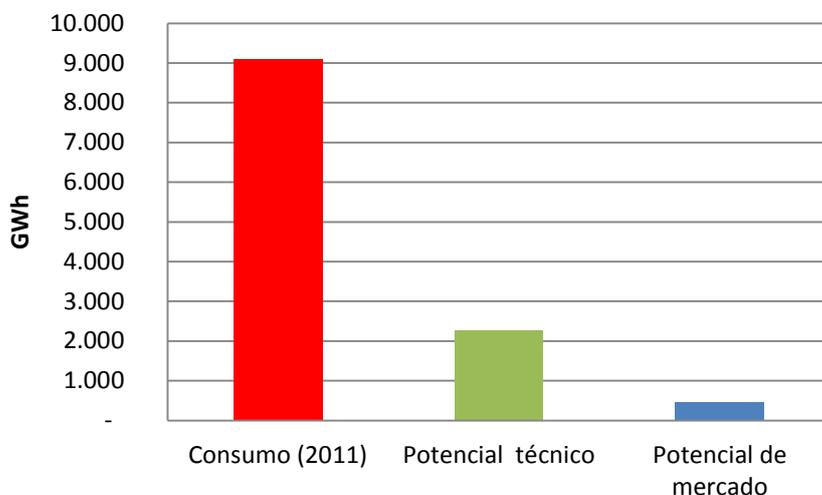


Figura 65 - Potencial técnico, econômico e de mercado para reduzir o consumo de eletricidade no setor terciário, em Minas Gerais (Fonte: Elaboração própria)

Essa estimativa deve ser interpretada como uma avaliação preliminar, que deverá ser revista futuramente a fim de definir objetivos específicos para que o estado de Minas Gerais possa atingir esses potenciais.

Barreiras associadas

Das barreiras associadas à conservação de energia no setor público destaca-se o custo da troca da tecnologia atual de iluminação de vias públicas pela tecnologia de LED. O alto custo refere-se ao investimento inicial, pois existem diversos estudos e iniciativas que destacam que o investimento tem retorno quando se verifica a energia economizada¹⁹. Entretanto, o país e os entes federados ainda sofrem com a escassez de políticas públicas de longo prazo, que identifiquem esse tipo de solução como um avanço.

Há também um aumento no custo do investimento inicial para atender aos requisitos da ENCE nos prédios comerciais e públicos e garantir maior eficiência energética dos mesmos. Entretanto, estudos de viabilidade podem ser feitos caso a caso para garantir o retorno do investimento. É importante que a etiqueta não seja o único método de redução de energia nesse meio, mas que existam outras políticas governamentais que viem esse objetivo.

Conclusões

Conclui-se que os setores comercial e público não constituem uma parcela representativa no consumo de energia em Minas Gerais, mas ações adicionais que promovam a eficiência

¹⁹ O valor economizado em 50 mil horas de uso é superior a R\$ 12 mil.



energéticas são necessárias, uma vez que a segurança energética está sendo cada vez mais afetada por ciclos de secas e estiagens que impactam na oferta de energia elétrica, principal fonte de consumo do setor. O potencial estimado para Minas Gerais encontra-se entre **39 ktep** e **196 ktep**, dependendo do cenário de referência adotado.

Capítulo 6 – Quadro resumo dos potenciais estimados

No quadro resumo abaixo são apresentados os potenciais técnicos de eficiência energética estimados e os custos médios por economia de energia (quando disponíveis) para os diferentes setores e subsetores avaliados neste estudo (Tabela 20).

Tabela 20 - Potenciais técnicos de eficiência energética e custos médios de economia de energia.

Subsetor	Potencial Estimado (ktep)	Custo da Energia Conservada (R\$/MWh)	Custo Total (R\$)
Siderurgia	-	-	-
Alimentos e Bebidas	36	73	29.854.080,00
Cimento	209	61*	144.828.640,00
Ferroligas	146	55**	91.220.800,00
Mineração	32	36	13.086.720,00
Cerâmica	217	151	372.233.120,00

* Custo de energia conservada de outras atividades industriais.

** Custo de energia conservada para fundição.

Literatura consultada

ANICER – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA. Disponível em: <www.anicer.com.br>. Acesso em junho de 2014.

CEMIG – COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. Balanço Energético do Estado de Minas Gerais - BEEMG. Ano base 2011. 2012.

CESARETTI, Marcos de Araújo Análise comparativa entre pontos de geração elétrica segundo critérios socioambientais e econômicos. Universidade Federal do ABC (Dissertação de mestrado). 2010. 138p.

Consumo de energia e emissões de gases de efeito estufa na Região Nord-Pas-de-Calais, Edição 2010, Números 2008, Observatório Regional NORENER (2010);

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional – BEN 2012. 2013.



EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Consolidação de bases de dados do setor transporte: 1970-2010. Estudo associado ao Plano Decenal de Energia PDE 2021. 2012.

FEAM – FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. Estimativas de emissões e remoções de gases de efeito estufa do estado de Minas Gerais – ano base 2010. 2014.

IBRAM – INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. Disponível em: <www.ibram.org.br>. Acesso em junho de 2014.

IEA/OECD – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY / ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. Tracking Industrial Energy Efficiency and CO2 Emissions. 2007.

IEA/WBCSD – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY / WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. Cement Technology Roadmap 2009. Carbon emissions reductions up to 2050. 2009.

INSTITUTO AÇO BRASIL. Relatório de Sustentabilidade 2012. Disponível em: <http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/biblioteca/relatorio_sustentabilidade_2012.pdf>.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. 5th Assessment Report Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Working Group III. Chapter 8 – Transport. 2014.

LEITE, Alvaro Afonso Furtado. Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria. Relatório Setorial Ferroligas. Brasília: CNI, 2010. 46p.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Primeiro Inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários. 2011.

MME/EPE – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA / EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Plano Decenal de Expansão de Energia 2022. Brasília: MME/EPE, 2013.

Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso - Ano de base 2005, Classe residencial, Relatório Sudeste, PROCEL (2007).

PROCEL/CNI – PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA/CONFEDERAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS. Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria. Sumário Executivo. 2010.

SETOP – SECRETARIA DE ESTADO DE TRANSPORTE E OBRAS PÚBLICAS. Plano Estratégico de Logística de Transportes – PELT 2012.

SNIC – SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO. Relatório Anual 2012.