



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

VII ELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Búzios - RJ - 2011

EMISSÕES DE CARBONO LIGADAS AO CONSUMO DE ENERGIA NAS EDIFICAÇÕES: OPORTUNIDADES DE ESTUDOS NO BRASIL

Thalita Gorban F. Giglio (1); Roberto Lamberts (2)

(1) Arquiteta, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, thalitagiglio@hotmail.com

(2) PhD, Professor do Departamento de Engenharia Civil, lamberts@ecv.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Cx Postal 476, Florianópolis-SC, 88040-900

RESUMO

Estudos mencionam a grande responsabilidade do setor de edificações diante das mudanças climáticas globais e indicam o potencial de redução das emissões a partir de medidas de eficiência energética. Entretanto, ainda existem muitos questionamentos ligados às emissões no Brasil. As médias mundiais tomadas como exemplo para o setor de geração de energia não refletem a realidade do país tendo em vista a matriz energética predominantemente composta por fontes renováveis. Neste contexto, o objetivo do presente estudo é analisar a contribuição atual do Brasil diante das emissões de CO₂ por combustível fóssil e estimar a contribuição das edificações brasileiras nas emissões do país. Para isso, tomou-se como base metodológica, o protocolo estabelecido por UNEP/SBCI/WRI (2010) baseado na relação entre consumo de energia e fator de emissão. Através disso, o relatório do IEA (2010) mais recente conduziu os estudos, tanto para fornecer dados atuais de fator de emissão por eletricidade para o país, quanto para comparar com seus dados divulgados. Chegou-se a estimativa de que as edificações brasileiras contribuem com 10% do total de emissões de CO₂, abrangendo a energia consumida durante seu uso, ao longo de um ano. A contribuição da fase pré-operacional somada ao uso do edifício, poderia ser estimada em 30% do total de emissões brasileiras. Conclui-se que muitos estudos precisam ser realizados neste campo de pesquisa. Para a fase operacional é importante pesquisas que demonstrem os usos finais de energia de forma mais detalhada, visando possibilitar a adoção de mitigações. Grandes oportunidades de estudos existem também, relativas à fase pré-operacional, uma vez que a tendência pela busca da eficiência energética favoreça maior atenção nesta etapa.

Palavras-chave: Emissão de CO₂, edificações, consumo de energia.

ABSTRACT

Studies mention the great responsibility of building sector in the face of global climate change and indicate the potential for reducing emissions from energy efficiency measures. However, there are still many questions related to emissions in Brazil. The global average taken as an example for the sector of power generation do not reflect the reality of the country in view of the energy matrix predominantly composed of renewable sources. In this context, the objective of this study is to analyse the current contribution of Brazil on CO₂ emissions from fossil fuel and estimate the contribution of Brazilian buildings in the country's emissions. For this, it was taken as a methodological basis the protocol established by UNEP/SBCI/WRI (2010) based on the relationship between energy consumption and emission factor. Coupled to this, the recent report of the IEA (2010) conducted the studies, both to provide current data for emission factor for electricity for the country, and to compare with their data public. It was estimated that the buildings in Brazil contribute with 10% of total CO₂ emissions, covering energy consumed during its use, over a year. The contribution of pre-operational phase added to the building's use, could be estimated at 30% of total emissions in Brazil. It is concluded that many studies need to be made in this field of research. For the operational phase is important research to demonstrate the end-uses of energy in more detail in order to enable adoption of mitigations. Great opportunities also exist for studies concerning the pre-operational phase, since the trend for the pursuit of energy efficiency encourage greater attention to this step.

Keywords: CO₂ emissions, buildings, energy use.

1. INTRODUÇÃO

Embora existam muitos questionamentos associados à mudança do clima, grande parte das pesquisas internacionais comprova que o atual aquecimento do planeta tem relação direta com as emissões atmosféricas oriundas das atividades humanas. Diversos estudos mencionam a grande responsabilidade do setor de edificações diante das mudanças climáticas globais. O 4º relatório do IPCC (2004) estimou as emissões por conta dos edifícios em 8.6 bilhões de tCO₂e em 2004.

Sabe-se que, segundo dados das Nações Unidas (2009), os edifícios são responsáveis por cerca de 40% de toda energia consumida no mundo, e por 1/3 de todos os gases do efeito estufa (GEE) emitidos na atmosfera, durante a sua fase de uso.

Globalmente, as emissões dos GEE pelas edificações ocorrem, prioritariamente devido ao consumo de energia, através da queima de combustíveis fósseis para geração de energia e seu consumo durante a fase operacional do edifício. Através da abordagem de Análise do Ciclo de Vida das edificações (ACV), diz-se que cerca de 80% dos GEE são emitidos durante a fase operacional dos edifícios, para o aquecimento da água e do ambiente, para o resfriamento, ventilação, iluminação e equipamentos elétricos. O restante, cerca de 20%, refere-se às emissões devido à extração e processamento da matéria-prima, transporte, construção, manutenção e demolição. (UNEP/SBCI/WRI, 2010).

Entretanto, os dados tão mencionados atualmente, refletem uma realidade dos países cuja matriz energética baseia-se principalmente em combustíveis fósseis. Neste cenário, mundialmente estabelecido, tem-se o questionamento ligado a contribuição das emissões de GEE pelas edificações brasileiras. Sabe-se que o Brasil possui uma matriz de geração elétrica limpa, onde cerca de 85% da eletricidade é proveniente de fontes renováveis (EPE, 2010), sendo baixa a participação de combustível fóssil neste setor. Na média mundial as fontes renováveis são responsáveis por apenas 15,6% da geração de eletricidade. (EPE, 2009).

Sendo assim, a particularidade do Brasil diante da geração de energia elétrica a partir de fontes limpas, de baixa emissão de carbono, pressupõe um estudo específico, voltado para a compreensão da contribuição das edificações brasileiras na emissão GEE no país. Sobretudo, é importante entender neste contexto a contribuição não somente das emissões devido ao consumo por energia elétrica, mas também devido ao consumo de derivados de petróleo e biomassa (lenha e carvão vegetal), tanto na fase de uso da edificação (para aquecimento e cocção) como na fase de fabricação dos materiais, além dos seus pesos atribuídos ao longo do seu ciclo de vida.

Embora a geração de eletricidade no país se caracterize predominantemente por fontes renováveis, a tendência é que cresça a demanda brasileira por energia termelétrica. Em alguns anos esta demanda é maior, mas em outros, é menor. Em 2008, por exemplo, houve um acréscimo de aproximadamente 4 GW na capacidade instalada das centrais de geração de energia elétrica no Brasil. O acréscimo em centrais hidráulicas correspondeu a 24%, ao passo que centrais térmicas responderam por 71% da capacidade adicionada. (BEN, 2009). Entretanto, em 2009, o acréscimo de 2GW, foi predominantemente pelas centrais hidráulicas, as quais responderam por 67,4% enquanto que as centrais térmicas responderam por 23,6%. (BEN, 2010). Assim, os dados refletem uma grande variação na participação das centrais termelétricas. A partir de um sistema interligado de energia, ano a ano, ocorre uma variação na emissão de CO₂ por combustível fóssil no país, para o setor de geração de eletricidade, fato este importante a ser analisado.

Outro fato a ser observado é que atualmente, estudos indicam a necessidade de pesquisas ligadas à redução da emissão de gases do efeito estufa pelos países em desenvolvimento (UNEP/SBCI, 2009; IPCC, 2007; IEA, 2010). No quarto relatório do IPCC (2007), a partir de um cenário de projeção de crescimento das emissões até o ano de 2030 pelas edificações, demonstrou-se que embora historicamente os países desenvolvidos tiveram os mais altos níveis de emissão no mundo, é esperado que em um futuro próximo, o nível de emissões pelos edifícios nos países que passam por um grande desenvolvimento irá ultrapassar os níveis dos países desenvolvidos.

As pesquisas publicadas pelo IEA (2010) também atestam a importância de pesquisas ligadas a emissão de CO₂ pelos países em desenvolvimento e destaca a América Latina como uma região onde houve grande crescimento na emissão de CO₂ entre os anos de 2007 e 2008.

2. OBJETIVO

Diante do contexto relatado, o objetivo deste estudo é:

- Analisar a contribuição do Brasil como um todo e do setor de edificações nas emissões de carbono, a partir de pesquisas já publicadas;

- Estimar a emissão de carbono pelo setor de edificações, e relacionar com o consumo energético por fontes consumidas na fase operacional;
- Discutir oportunidades de estudos neste campo de pesquisa.

3. ANÁLISE DAS EMISSÕES DE CARBONO NO BRASIL

Muitas pesquisas, quando referenciam as emissões dos gases de efeito estufa, têm os estudos conduzidos para as emissões provenientes dos combustíveis fósseis. Alguns estudos como o segundo inventário nacional (MCT, 2010) e o relatório anual publicado pela Agência Internacional de Energia (IEA, 2010) divulgam estimativas de emissão por combustíveis fósseis, e focam na emissão apenas do dióxido de carbono (CO₂). Outras pesquisas como os inventários locais das cidades do Rio de Janeiro e São Paulo (COPPE, 2000); (AVIGNON A. et al), além do relatório McKinsey (2010), fazem uma abordagem considerando não somente o dióxido de carbono (CO₂), mas também o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O). Tal abordagem quantifica os três principais gases do efeito estufa, permitindo assim estimar as emissões em CO₂ equivalente (CO₂e). A concentração de CO₂ se deve principalmente ao uso de combustíveis fósseis e à mudança no uso da terra. Já os aumentos da concentração de CH₄ e N₂O são principalmente causados pela agricultura. Este estudo, voltado para a análise das emissões pelo setor energético, baseou-se em dados que referenciam a concentração de CO₂, predominante neste contexto.

Segundo os dados publicados pelo IEA (2010) para o Brasil, tem-se que a queima de combustível fóssil gerou a emissão de 364.6 MtCO₂ (milhões de toneladas de dióxido de carbono) em 2008. Entre os anos de 1990 e 2008, houve um crescimento de 87,7% nas emissões de CO₂, como mostra a figura 1.

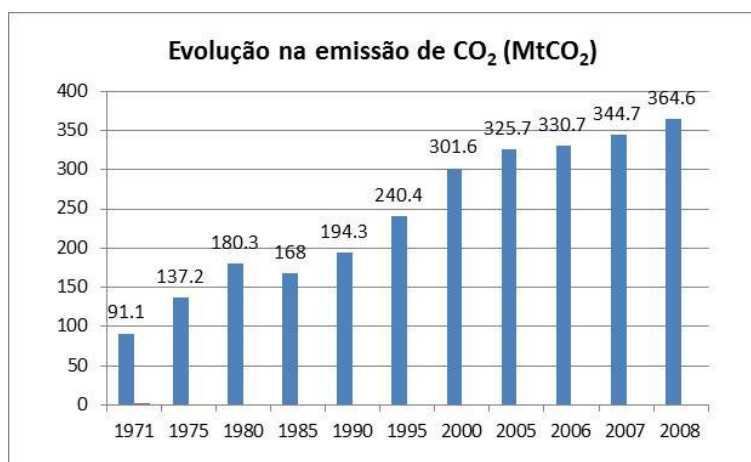


Figura 1: Emissão de CO₂ por combustível fóssil no Brasil, em milhões de tonelada de CO₂
Fonte: Adaptado de IEA (2010)

O Segundo Inventário Nacional (MCT, 2010) versão para consulta pública, apresenta dados de emissão de CO₂ por combustível fóssil, dentro da mesma abordagem estabelecida pela IEA (2010). São excluídos da contagem os gases metano e óxido nitroso. No documento, apresentam-se estimativas de emissões para o período de 1990 a 2005, compatíveis aos dados de emissão do IEA (2010).

No ano de 2008 foram emitidos 29.4 Gt CO₂ mundialmente (IEA, 2010). Comparando com as emissões de CO₂ mundiais, tem-se que o Brasil é responsável por apenas 1,2% das emissões de CO₂ por combustível fóssil. Considerando os 192.000.000 milhões de habitantes no Brasil, em 2008 (IBGE), tem-se a emissão de 1.9 tCO₂/per capita. Houve um aumento de 42,3% entre os anos de 1990 e 2008, nas emissões per capita no Brasil, segundo IEA (2010).

3.1 Emissões de CO₂ por combustível fóssil, por setor.

A publicação da IEA (2010) expõe dados de emissão de CO₂ por combustível fóssil, por setor, referente ao ano de 2008. Os setores mencionados são: geração de eletricidade e calor, indústria da manufatura e construção civil, outras fontes industriais, transporte, setor residencial, e outros setores (inclui agricultura, setor florestal, setor comercial, setor público, pesca, entre outros), conforme ilustra a figura 2. O documento menciona também dados de emissão de CO₂ com o setor de geração de eletricidade e calor deslocado para os setores de consumo final, conforme a figura 3. Assim, é possível saber a contribuição das edificações residenciais, além dos outros setores mencionados, de uma forma mais completa, considerando as emissões decorrentes do consumo por energia elétrica.

Percebe-se, na figura 2, que a geração de eletricidade no Brasil é responsável por apenas 11% das emissões, devido a matriz energética composta predominantemente por fontes renováveis não poluentes. Já os setores de transporte e o setor da indústria da manufatura e construção civil, são os que mais contribuem com a emissão no país, sendo responsáveis por, respectivamente, 41% e 30% das emissões de CO₂. Ainda em relação à figura 2, apenas o setor residencial é mencionado separadamente, com 4% de emissão. Já os setores comerciais e públicos estão agregados a outros setores de menor impacto na emissão. Quando se fala em 4% de emissão no setor residencial, considera-se que as emissões correspondem ao consumo de derivados de petróleo e gás (biomassa não é considerada no somatório), sem considerar as emissões indiretas por eletricidade.

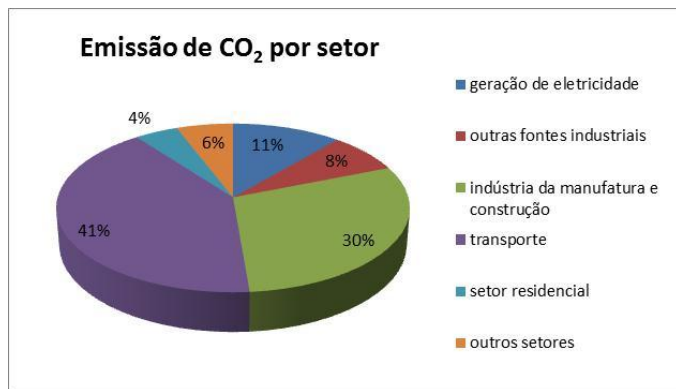


Figura 2 – emissão de CO₂ por setor - Brasil.

Fonte: Adaptado de IEA (2010)

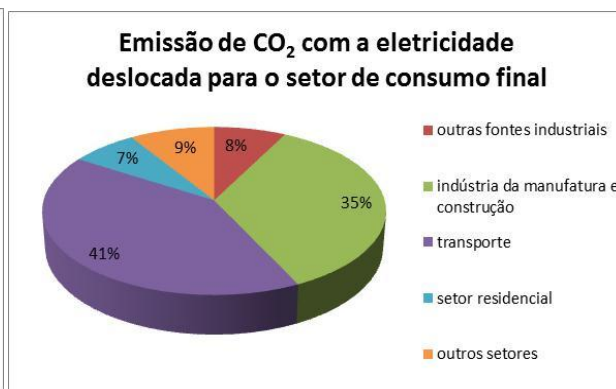


Figura 3 – emissão de CO₂ por setor, com a eletricidade deslocada para o setor de consumo final - Brasil.

Fonte: Adaptado de IEA (2010)

Comparando com a emissão de CO₂ no mundo, sabe-se que o setor de geração de eletricidade e calor corresponde a 41% das emissões (IEA, 2010), valor bem mais elevado do que as emissões do Brasil para produção de eletricidade.

Com as emissões por eletricidade deslocadas para o setor de consumo final, demonstrado na figura 3, percebe-se que o setor de edificações residenciais apresenta aumento considerável nas emissões, assim como o setor da indústria da manufatura e construção, e outros setores. Assim, sabe-se que as edificações residenciais, durante a fase operacional, contribuem com 7% nas emissões de CO₂. Embora o setor tenha alto consumo de lenha para a cocção, e pequena participação do carvão vegetal, a sua queima não é computada, visto que é uma fonte renovável, e onde durante o seu crescimento, no processo de fotossíntese, houve a absorção de CO₂, que posteriormente, na sua queima, foi retornado ao meio ambiente.

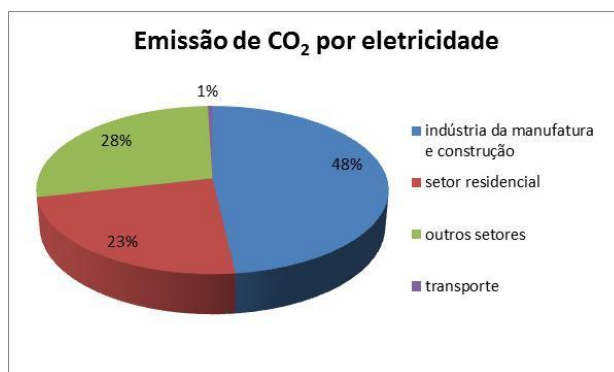


Figura 4: emissão por eletricidade no Brasil

Fonte: Adaptado de IEA (2010)

Se relacionarmos as figuras 2 e 3 a partir da participação das emissões por eletricidade nos setores de consumo final tem-se que, no Brasil, no ano de 2008 quase 50% das emissões por eletricidade foram de responsabilidade das indústrias da manufatura e construção civil, conforme demonstra a figura 4. As edificações residenciais foram responsáveis por 23% das emissões por eletricidade e, outros setores, incluindo o comercial e público, foram responsáveis por 28%.

O Segundo Inventário Nacional (MCT, 2010) publica dados de emissão de CO₂ por setor. O documento não desloca dados referentes à emissão por eletricidade no setor de consumo final. Assim, os dados relativos às emissões devido à geração de eletricidade se concentram no setor energético e não permite avaliar a contribuição das edificações de uma forma completa.

No ano de 2005, as emissões pelo consumo de GLP (gás liquefeito do petróleo) tem a maior participação nos setores residenciais, públicos e comerciais. No setor residencial as emissões chegam a 14.93 MtCO₂. O gás natural, óleo diesel e o óleo combustível se destacam nos setores comerciais e públicos. Os dados podem ser vistos em MCT (2010).

Viu-se que a IEA (2010) desloca as emissões por eletricidade para os setores de consumo final. Entretanto, divulgam dados relativos apenas ao setor residencial, não sendo possível afirmar a contribuição dos edifícios de uma forma geral. Por outro lado, o Segundo Inventário Nacional (MCT, 2010) publica as emissões para os setores residenciais, comerciais e públicos, mas não inclui as emissões de eletricidade nestes setores.

4. MÉTODO

Visando analisar a contribuição das edificações nas emissões no Brasil, fez-se uma busca em bibliografias brasileiras e internacionais que referenciam pesquisas atuais no Brasil como um todo, por setores.

Após a revisão bibliográfica sobre emissões no Brasil, fez-se uma estimativa de emissão de carbono pelas edificações, a partir do uso de energia durante sua fase operacional.

4.1. Estimativa de emissão de carbono pelas edificações

Para estimar as emissões de carbono pelas edificações (fase operacional) do Brasil utilizou-se da abordagem publicada pela UNEP/SBCI/WRI (2010) através do Common Carbon Metric o qual estabelece um protocolo para medir o uso da energia e reportar as emissões dos GEE durante a fase operacional das edificações. O documento apresenta duas abordagens para a coleta de dados e estimativas de emissões: abordagem top-down e abordagem bottom-up. As medidas de controle e mitigação do carbono em escala nacional ou regional exigem a adoção da abordagem top-down, enquanto medidas para projetos de construção individuais exigem a abordagem bottom-up. No presente estudo, adotou-se a abordagem top-down para estimar a contribuição das edificações nas emissões totais do país.

A metodologia da UNEP/SBCI/WRI (2010) estabelece uma métrica onde o consumo final de cada fonte deve ser multiplicado pelo seu correspondente fator de emissão pelos gases CO₂, CH₄ e N₂O, e posteriormente pelos fatores de conversão para os gases CH₄ e N₂O, obtendo assim, as emissões totais em CO₂ e, assim como é demonstrado na figura 5.

Os gases CH₄ e N₂O são ajustados através dos fatores de conversão (GWP values) os quais convertem as emissões para CO₂e (unidade comparativa). Os fatores de conversão podem ser obtidos em UNEP/WBCI/WRI (2010).

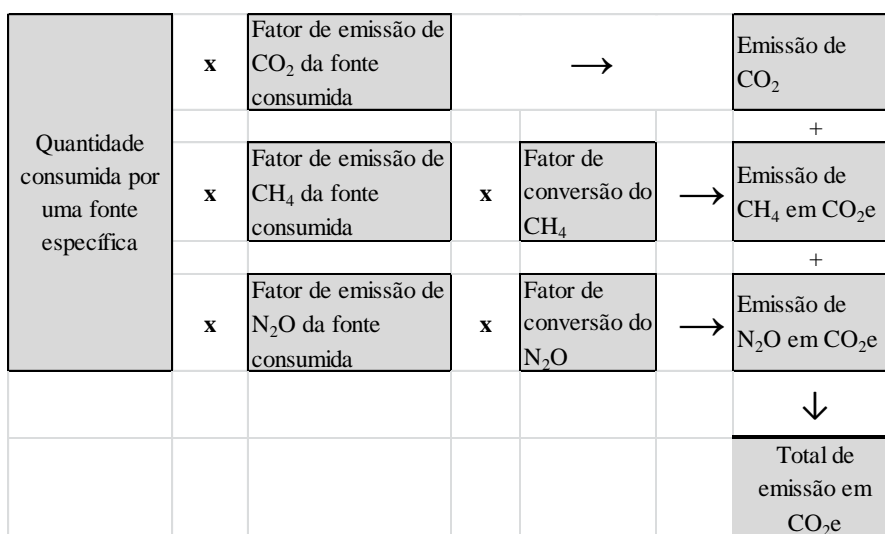


Figura 5: Método de cálculo das emissões oriundas do consumo de energia nas edificações
Fonte: Adaptado de UNEP/SBCI/WRI (2010)

Portanto o cálculo das emissões provenientes do consumo de energia baseia-se em fatores de emissão. Esses podem ser descritos como coeficientes que descrevem a quantidade de GEE liberado por uma fonte específica, com valores padrão baseados em uma amostra representativa de dados.

São quantificadas tantas as fontes cujas emissões ocorrem diretamente no local da edificação (emissões diretas) como também as fontes onde as emissões ocorrem indiretamente (emissões indiretas) como o caso da eletricidade produzida em usinas.

Neste trabalho, foram quantificadas apenas as emissões por CO₂, visando fazer um comparativo com os estudos divulgados por IEA (2010).

4.1.1 Obtenção do Fator de Emissão

Para cada fonte consumida nas edificações a literatura estabelece um fator de emissão correspondente. Os fatores de emissão para os combustíveis fósseis, para os gases CO₂, CH₄ e N₂O, podem ser obtidos em UNEP/SBCI/WRI (2010), assim como seus fatores de correção. Para o CH₄, o fator de correção é igual a 21, e para o N₂O, igual a 310. Em termos quantitativos o CO₂ é emitido em maior quantidade, porém, os demais gases, são mais nocivos ao meio ambiente. Ressalta-se, novamente, que neste estudo apenas as emissões de CO₂ foram quantificadas.

Para os fatores de emissão por eletricidade foram adotados os dados publicados pelo IEA (2010) para o ano de 2008. O documento publica dados de emissão por eletricidade para mais de 140 países incluindo o Brasil. Entretanto, só é possível quantificar o fator de emissão do CO₂. Os demais gases apresentam variáveis que dificultam sua atualização anual, para cada usina, de cada país. (UNEP/SBCI/WRI, 2010).

O fator de emissão por eletricidade é um dado importante porque se refere às particularidades das matrizes energéticas de cada país. No caso do Brasil, o fator de emissão, no ano de 2008, foi de 89 gCO₂/kWh (IEA, 2010), ou seja, para cada kWh consumido, foram emitidos 89 gramas de CO₂ na atmosfera. Este valor varia anualmente, visto que as condições climáticas e de consumo modificam a demanda pela geração de energia nas termelétricas.

4.1.2 Obtenção do Consumo final, por fonte, nas edificações.

O Balanço Energético Nacional de 2009, ano base de 2008 (EPE, 2009) foi adotado para o levantamento de dados de consumo de energia e comparação com os dados publicados pelo IEA (2010), também referente ao ano de 2008.

A partir do BEN (EPE, 2009) sabe-se que as edificações, na sua fase operacional, contribuem com 45% do total de eletricidade consumida, 7,4% de derivados de petróleo e gás natural, e 12,3% da biomassa consumida no país, assim como é demonstrado nas figuras 6, 7 e 8.



Figuras 6, 7 e 8: Contribuição das edificações no consumo de energia, durante fase operacional, no ano de 2008. Fonte: EPE, 2009

O relatório do BEN (EPE, 2009) informa os valores de consumo para uma mesma unidade, em tep¹ (tonelada equivalente de petróleo). Desta forma, é possível conhecer a participação das fontes energéticas no consumo pelas edificações durante a fase operacional.

A partir da figura 9, sabe-se que a eletricidade representa 51% das fontes consumidas pelas edificações. Em segundo, a lenha, que juntamente com o carvão vegetal (fontes por biomassa) representam 26%. O GLP (gás liquefeito de petróleo) representa 21% no consumo de energia. As demais fontes têm baixa representatividade no consumo pelos edifícios.

Nas edificações residenciais (figura 10), as participações de GLP e biomassa apresentam-se na mesma proporção que a eletricidade, assumindo, cada uma, 1/3 das fontes consumidas nas residências.

Para o cálculo das emissões de CO₂ pelas edificações é feita a conversão da unidade de tep para a unidade natural de cada fonte consumida pelo setor. Conhecendo o consumo final de cada fonte, é feita a multiplicação pelos respectivos fatores de emissão.

¹ 1 tep corresponde à quantidade de calor liberada na combustão de 1 tonelada de petróleo médio mundial (10.000 Mcal/t), com a água de combustão em estado de vapor nas condições ambientais médias. (MCT, 2010)

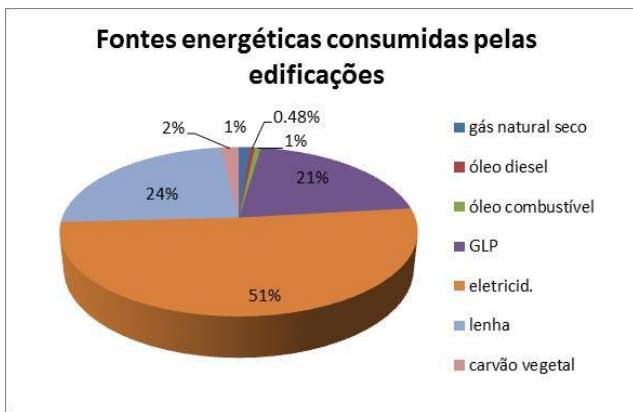


Figura 9 – Consumo por fonte, pelas edificações, durante fase operacional.

Fonte: adaptado de EPE, 2009.

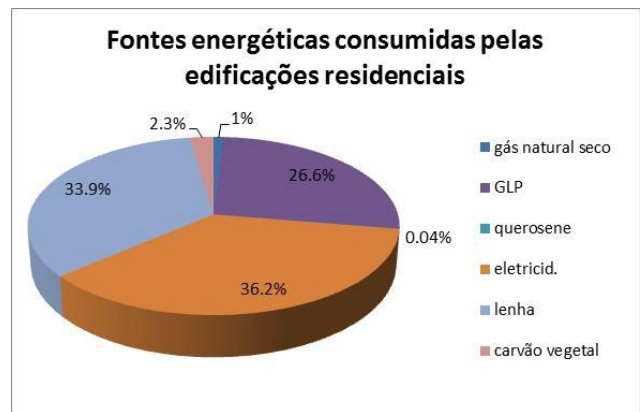


Figura 10 – Consumo por fonte, pelas edificações residenciais, durante fase operacional.

Fonte: adaptado de EPE, 2009.

5. ANÁLISE DE RESULTADOS

Na tabela 1, tem-se a reunião de todos os dados utilizados para a determinação das emissões pelas edificações. Nas primeiras seis colunas têm-se os dados de consumo nas edificações, por fonte. A oitava coluna contém os fatores de emissão de cada combustível. Deve-se estabelecer a mesma unidade, comum entre consumo na unidade natural (coluna seis) e fator de emissão (coluna oito). Nas colunas nove e 10, têm-se respectivamente as emissões nas edificações, e as emissões nas edificações residenciais, por fonte consumida, em milhões de toneladas de CO₂. Na última coluna tem-se o estudo da IEA (2010) a qual publica apenas dados de emissão referentes às edificações residenciais, atuando como parâmetro de cálculo deste estudo. A lenha e o carvão vegetal não são considerados no cálculo de emissões porque são fontes de biomassa.

Tabela 1: Dados adotados no cálculo de emissões de carbono pelas edificações

consumo de fontes energéticas nas edificações							fator de emissão	emissão de CO ₂ pelas edificações		Parâmetro
Fontes	comerc. (10 ³ tep)	públ. (10 ³ tep)	resid. (10 ³ tep)	total (10 ³ tep)	conversão para unidade natural*	unid.	fator de emissão kg de CO ₂ /unid. de energia	emissão de CO ₂ pelas edificações Mt CO ₂	emissão de CO ₂ no setor residencial Mt CO ₂	IEA (2010) setor residen. Mt CO ₂
gás natural seco	171	3	229	403	457000000	m3	1.88	0.86	0.49	16.3
óleo diesel	59	96	0	155	182000	m3	2680	0.49	0.00	
óleo combustível	122	87	0	209	218000	m3	2680	0.58	0.00	
GLP	309	409	6043	6761	11064000	m3	1610	17.81	15.92	
querosene	0	0	9	9	11000	m3	2520	0.03	0.03	
eletricid.	5375	2972	8220	16567	1.92633E+11	KWh	0.089	17.14	8.51	9.6
lenha	78	0	7706	7784	25108000	t	1747.2	43.87	43.43	biomassa
carvão vegetal	78	0	531	609	943000	t	3304	3.12	2.72	biomassa
BEN 2009							CCM protocol	36.92	24.95	25.9
								Total	Total	Total

*fator de conversão: BEN 2009 pag. 217

A partir da tabela 1, viu-se que existe uma diferença entre as emissões por eletricidade do setor residencial calculado pelo EPE (2009) e o divulgado pelo IEA (2010). No BEN (2009) os dados relativos ao consumo por energia elétrica nos setores de edificações são referentes ao consumo final, considerando as

autoprodutoras de energia, incluindo a importação, excluindo a exportação e excluindo também as perdas na transmissão. Já no IEA (2010), os dados de consumo considerados no cálculo das emissões são relativos à produção total, sem considerar, no entanto, a autoprodução. Conforme o documento, não são alocadas as emissões oriundas dos autoprodutores, nos setores de consumo final, para evitar a dupla contagem nas emissões totais. Assim, resumidamente, tem-se em relação à eletricidade que IEA (2010) no ano de 2008, considerou: Produção + perdas + importação = 454.224 GWh (sem considerar auto produtores) x 0,089 kg CO₂ = 40426 kg CO₂ (representando os 11% no total de emissão no país).

No BEN (EPE, 2009), o consumo total por eletricidade é igual a 428.250 GWh e a produção total é igual a 463.120 GWh. Ajustando a tabela 1, considerando as perdas, importação, e sem considerar a autoprodução, conforme o documento do IEA (2010), e considerando 45% da participação das edificações no consumo de eletricidade (EPE, 2009) tem-se 204400.8 GWh para o setor de edificações. Multiplicando pelo fator de emissão, chega-se a 18.192 MtCO₂ emitidos por eletricidade pelas edificações. Somando as outras emissões devido aos combustíveis fósseis, teremos 37.96 MtCO₂ emitidos pelas edificações. Comparando com a emissão total no país de 364.6 MtCO₂, as emissões pelas edificações representam 10,40% do total emitido, conforme figura 11. Na figura 12 tem-se as contribuições referentes às edificações residenciais e comerciais/públicas.

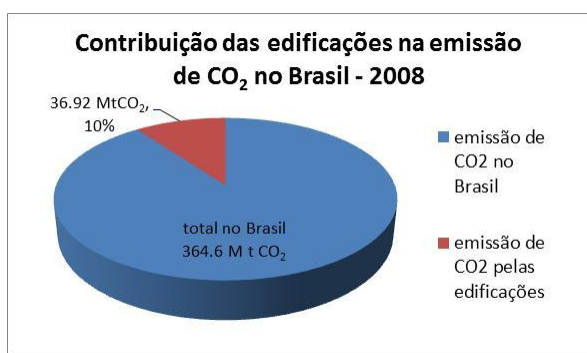


Figura 11 – contribuição das edificações na emissão total do país

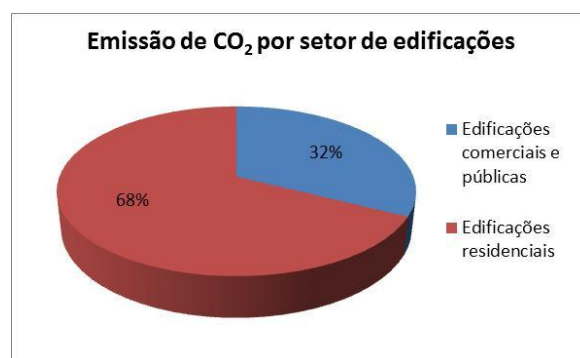


Figura 12 – Emissão setor residencial x comercial/público

5.1 Emissões de CO₂ por uso de energia nas edificações

Analisando as emissões por uso de energia, e considerando o somatório residencial, comercial e público, tem-se que as emissões geradas por eletricidade e por GLP, representam quase 50% cada uma, como demonstra a figura 13.

Assim, sabe-se que 47% das emissões de CO₂ pelas edificações é devido à eletricidade. A eletricidade nas edificações é consumida para aquecimento de água, cocção e demais equipamentos elétricos. Entretanto não se sabe dizer qual a porcentagem referente a esses usos finais, o que dificulta a adoção de mitigações de CO₂ ligadas ao consumo de energia elétrica nas edificações.

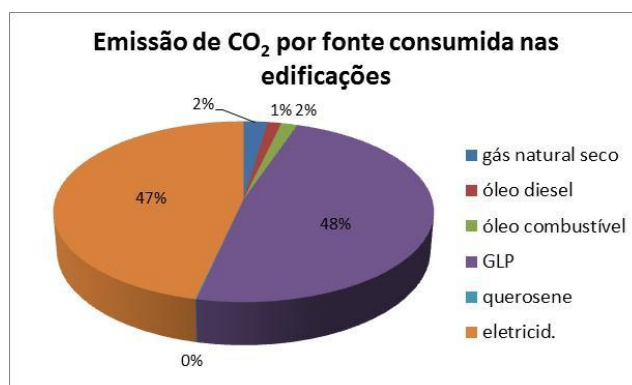


Figura 13: Emissão nas edificações, por uso de energia.

O mesmo ocorre para o gás GLP. Com 48% das emissões pelas edificações, não se sabe qual a porcentagem desta emissão que é relativa ao aquecimento de água e à cocção.

As emissões por fonte do setor residencial, como mostra a figura 14, são predominantemente devido ao consumo do GLP, com 64% das emissões. A redução do consumo por GLP, buscando minimizar seu impacto na emissão de CO₂, pode ser uma mitigação dos GEE, mas pressupõe o aumento do consumo por eletricidade. Com isso, a demanda nas centrais de geração de eletricidade aumenta, crescendo a participação das termelétricas e as emissões por eletricidade.

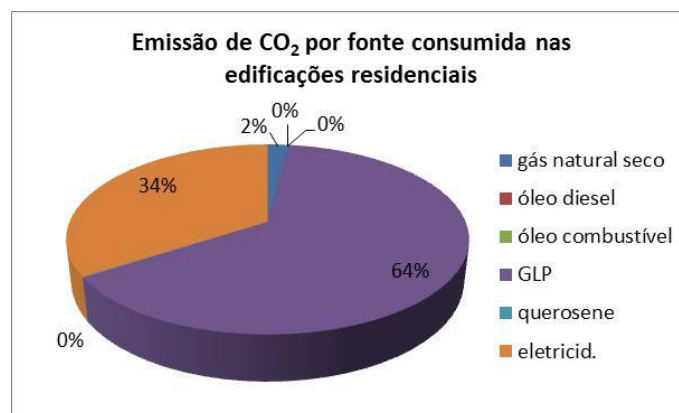


Figura 14: Emissão nas edificações residenciais

Neste contexto, as medidas que podem ser adotadas nas edificações relacionando a redução das emissões através do consumo de energia, devem ser melhor estudadas a partir de um banco de dados mais consolidado, sobre os usos finais de energia nas edificações.

O estudo Mckinsey (2010) avaliou oportunidades de redução da emissão dos GEE em vários setores no Brasil a partir de projeções para o ano de 2030. O estudo estabelece um plano de ação para redução da emissão no setor de edificações. O relatório menciona, a respeito do setor residencial que no estudo de projeção para 2030, 25% do consumo de energia tem como fonte a rede de energia elétrica e 75% é relativo ao GLP (gás liquefeito de petróleo), não considerando portanto o consumo por lenha. A partir desta subdivisão de consumo, o estudo apresenta um plano para reduzir 24% (8,6 MtCO₂e) das emissões pelas edificações residenciais. Para isso, estabelece as seguintes estratégias:

- 25% de redução (2.15MtCO₂e): através da melhoria no sistema de iluminação;
- 25% (2.15 MtCO₂e): troca no sistema de aquecimento de água para solar;
- 20% (1.72 MtCO₂e) – troca de equipamentos elétricos;
- 20% (1.72 MtCO₂e) – projetos mais eficientes.

Na estimativa feita anteriormente, neste trabalho, sabe-se que 34% das emissões de CO₂ nas edificações residenciais foram geradas devido ao consumo por eletricidade. O estudo McKinsey (2010) propõe redução de 24% nas emissões pelas edificações a partir de soluções predominantemente ligadas ao consumo por energia elétrica. Com isso, observa-se grande dificuldade de se atingir as metas estabelecidas, podendo ser alcançadas apenas por edificações de alta eficiência energética.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O 4º relatório do IPCC (2007) menciona que o setor de edificações tem grande potencial de redução de GEE. Citam também que com as tecnologias disponíveis no momento podem fazer-se reduções de 30% a 50% até 2030 sem grande aumento de custos através de estratégias de eficiência energética. Entretanto, no Brasil, tais estratégias necessitam de um conhecimento prévio acerca de como a energia está sendo usada nas edificações. Quanto se consome de GLP para cocção e aquecimento de água, e o mesmo para o consumo de energia elétrica.

No Brasil, viu-se que a geração de eletricidade não é a maior fonte de emissão dos GEE, ao contrário da média mundial. Somente o setor da construção e indústria da manufatura representam 35% das emissões no país. Quanto às edificações brasileiras, pode-se afirmar que elas contribuem com 10% do total de emissões de CO₂, durante seu uso. Na média mundial, este valor é mais alto, com 1/3 das emissões.

Em relação às emissões ao longo do ciclo de vida das edificações, o parâmetro mundial de 80% das emissões provenientes da fase operacional (uso), e 20% relativas à fabricação e execução, podem ser melhor estudadas no Brasil. Um estudo realizado por uma empresa, em uma edificação comercial na cidade de São Paulo, indicou emissões de 108 kg CO₂e/m², durante a fase operacional (30 anos), e 301 kgCO₂e/m² durante

a etapa de construção. (BENITE, 2011). Bessa (2010) faz um estudo buscando identificar a contribuição de fachadas de escritórios na emissão de CO₂ pelas edificações e mostram grandes diferenças nos resultados a partir da variação do material empregado na fachada.

Tavares (2006) também destaca a relevância do estudo da energia embutida nos edifícios, demonstrando que as emissões durante a etapa pré-operacional é maior do que na fase operacional. Nos seus estudos em edificações residenciais chegou-se a proporção de 35% das emissões relativas a fase operacional (uso) e 65% relativa a fase pré-operacional. Usando tais proporções com os resultados deste presente estudo, pode-se dizer que as edificações residenciais (com 7% de contribuição nas emissões) contribuem com cerca de 21% nas emissões do país e que as edificações brasileiras, abrangendo os setores residenciais, comerciais e públicas, contribuem com cerca de 30% da emissões. Ressalta-se que os valores compreendem as emissões relativas ao ciclo de vida das edificações.

Para finalizar, as estimativas realizadas neste estudo mostraram que a participação do GLP nas edificações é expressiva, principalmente no setor residencial, onde estratégias voltadas para a redução do seu consumo podem ser melhor refletidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AVIGNON A. ; CARLONI, F. ; ROVERE, E. ; DUBEUX, C. Emission inventory: An urban public policy instrument and benchmark. *Energy Policy* 2010 v. 38 p. 4838-4847.
- BENITE, A. **Emissões de Carbono e a Construção Civil**. Disponível em: www.cte.com.br/site/artigos_ler.php?id_artigo=3541. Acesso em 01/03/2011.
- BESSA, V. M. T. **Contribuição à metodologia de avaliação das emissões de dióxido de carbono no ciclo de vida das fachadas de edifícios de escritórios**. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2010. 263 p.
- COPPE, 2000. **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa da Cidade do Rio de Janeiro**. Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas/Fundo de Conservação Ambiental, Rio de Janeiro, 104 p. disponível em: <http://www.ecodesenvolvimento.org.br/biblioteca/documentos/inventario-de-emissoes-de-gases-do-efeito-estufa>. Acesso em 21/09/2010
- EPE, 2009. **Balanco Energético Nacional – Ano base 2008**. Ministério de Minas e Energia/ Empresa de Pesquisa Energética, Brasília.
- EPE, 2010. **Balanco Energético Nacional – Ano base 2009**. Ministério de Minas e Energia/ Empresa de Pesquisa Energética, Brasília.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2010). *CO₂ Emissions from Fuel Combustion*. Disponível em: www.iea.org/co2highlight.
- IPCC. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Volume 2: Energy. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html> Acesso em 06/09/2010.
- IPCC. **Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories**. Disponível em <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/index.html>. Acesso em 06/09/2010.
- IPCC, 2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of working groups I, II, III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Geneva, Switzerland, p. 104. Disponível em http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm. Acesso em 01/10/2010.
- McKinsey & Company (2009). **Caminhos para uma economia de baixa emissão de carbono no Brasil**. Disponível em: www.mckinsey.com.br/sao_paulo/carbono.pdf
- MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Parte 1: Emissões de dióxido de Carbono por queima de combustíveis: abordagem top-down**. Versão para consulta pública. 2010.
- MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Parte 2: Emissões de dióxido de Carbono por queima de combustíveis: abordagem bottom-up**. Versão para consulta pública. 2010.
- TAVARES, S. F. (2006). **Metodologia de Análise do Ciclo de Vida Energético de Edificações Residenciais Brasileiras**. Tese de doutoramento. UFSC: Florianópolis, 2006.
- UNITED NATIONAL ENVIRONMENT PROGRAM. 2010 **Common Carbon Metric: Protocol for measuring Energy Use and Reporting Greenhouse Gas Emissions from Building Operations**. Disponível em: www.unep.org/sbci/pdfs/UNEP_SBCI_Carbon_Metric.pdf. Acesso em 06/09/2010
- UNITED NATIONAL ENVIRONMENT PROGRAM. 2009 **Buildings and Climate Change**. Disponível em: www.unep.org/sbci/pdfs. Acesso em 15/01/2011