

LEANDRA ALTOÉ

**INCENTIVO AO USO DA ENERGIA RENOVÁVEL E EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA COMO NOVO CRITÉRIO DA LEI DE ICMS ECOLÓGICO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016



Universidad de Valladolid

E.T.S. INGENIERIAS AGRARIAS

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGRÍCOLA Y
FORESTAL**

TESIS DOCTORAL:

**INCENTIVO AO USO DA ENERGIA
RENOVÁVEL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
COMO NOVO CRITÉRIO DA LEI DE ICMS
ECOLÓGICO**

Presentada por Leandra Altoé para optar al
grado de doctora por la Universidad de
Valladolid

Dirigida por:
Dr. Delly Oliveira Filho
Dr. Francisco Javier Rey Martínez

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

LEANDRA ALTOÉ

**INCENTIVO AO USO DA ENERGIA RENOVÁVEL E EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA COMO NOVO CRITÉRIO DA LEI DE ICMS ECOLÓGICO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 14 de julho de 2016.

Francisco Javier Rey Martínez

Luiz Fernando Schettino

Paulo Marcos de Barros Monteiro

Carlos Antônio Moreira Leite

Delly Oliveira Filho
(Orientador)

Aos meus pais, Alice e Plínio.

Agradecimentos

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso.

Ao CNPq e à Capes, pela concessão das bolsas de estudos.

Ao Professor Orientador Delly Oliveira Filho, pela aprendizagem, dedicação e confiança.

Ao Professor Francisco Javier Rey Martínez, pela oportunidade de realizar Doutorado Sanduíche sobre sua orientação, na Universidad de Valladolid, Espanha.

Aos Professores co-orientadores José Marcio Costa, Joyce Correna Carlo e Luís Manuel Navas, pela contribuição no desenvolvimento da pesquisa.

Ao estudante Osmar Rosa Fernandes pela ajuda na condução dos trabalhos.

Aos colegas do Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Viçosa, pela cooperação nas disciplinas e na pesquisa.

Aos colegas da Universidade de Valladolid, em especial ao Sergio Lorenzo González, pela ajuda na condução da pesquisa.

Aos familiares e amigos pelo apoio e incentivo durante o período de doutorado.

Biografia

Leandra Altoé, filha de Alice Zuqui e Plínio José Altoé, nasceu 30 de julho de 1986, no município de Jaguaré, Espírito Santo.

Concluiu o ensino fundamental em colégios de sua cidade natal. Nos anos de 2002 a 2004 cursou ensino médio no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES), antigo CEFET, em Colatina.

Ingressou na Universidade de Viçosa (UFV) no curso de graduação de Engenharia Agrícola e Ambiental em 2006, concluindo-o em 2010. Nos anos de graduação participou de programas de Iniciação Científica e foi membro da Empresa Júnior de Engenharia Agrícola e Ambiental.

No período de 2011 a 2012, realizou mestrado em Engenharia Agrícola, na Área de Energia na Agricultura, na Universidade Federal de Viçosa, sob a orientação do Professor Delly Oliveira Filho e co-orientação da Professora Joyce Correna Carlo e do Professor Paulo Marcos de Barros Monteiro. Desenvolveu a dissertação intitulada “Análise técnico-econômica e ambiental da certificação brasileira do uso de aquecedores solares de água em edificações residenciais”.

Em 2012, iniciou o doutorado em Engenharia Agrícola, na Área de Energia na Agricultura, na Universidade Federal de Viçosa, sob a orientação do Professor Delly Oliveira Filho, concentrando sua pesquisa em proposição de políticas públicas de incentivo à fontes renováveis de energia e eficiência energética.

SUMÁRIO

Agradecimentos	iii
Biografia	iv
Lista de Quadros.....	ix
Lista de Figuras.....	xi
Resumo.....	xiii
Abstract.....	xv
Resumen.....	xvii
1. Resumen ampliado	1
1.1 Panorama, desafíos y oportunidades del ICMS Ecológico en Brasil	1
1.2 Proposición de criterio de incentivo a la energía renovable y eficiencia energética para la ley de ICMS Ecológico.....	4
1.2.1 Subcriterio “Pequeñas centrales hidroeléctrica”.....	5
1.2.2 Subcriterio “Energía solar fotovoltaica”	5
1.2.3 Subcriterio “Energía eólica”.....	6
1.2.4. Subcriterio “Termoeléctricas a base de biomasa”	6
1.2.5. Subcriterio “Cogeneración”	7
1.2.6 Subcriterio “Etanol combustible”	7
1.2.7 Subcriterio “Energía solar térmica”.....	8
1.2.8 Subcriterio “Certificación de eficiencia energética de edificios”	8
1.2.9 Subcriterio “Código municipal de construcción con normas de eficiencia energética”	9
1.2.10 Subcriterio “Política municipal de conservación de la energía” ...	10
1.3. Impactos financieros de la inclusión del criterio “energía renovable y eficiencia energética” en la transferencia de ICMS en Minas Gerais y Espírito Santo.....	11
1.4. Estudio comparativo de los programas de certificación de eficiencia energética de edificios en vigor en Brasil y España	13
1.5. Análisis energético de sistema fotovoltaico instalado en un edificio de energía positiva en España	15
1.6 Referencias bibliográficas.....	16
2. Introdução geral	21
2.1 Considerações iniciais	21
2.2 Limitações da pesquisa	22
2.3 Estrutura da tese.....	23
2.4 Contribuição da pesquisa	23

2.5	Objetivos.....	24
2.5.1	Objetivo geral.....	24
2.5.2	Objetivos específicos	24
2.6	Referências bibliográficas.....	25
3.	Panorama, desafios e oportunidades do ICMS Ecológico no Brasil	27
	Resumo	27
3.1	Introdução.....	28
3.2	Tributação ambiental	29
3.3	ICMS Ecológico	31
3.4	Conclusão.....	40
3.5	Referências bibliográficas.....	40
4.	Proposição de critério de incentivo à energia renovável e eficiência energética para a lei de ICMS Ecológico.....	48
	Resumo	48
4.1	Introdução.....	49
4.2	Potencial de geração por fontes renováveis e de conservação de energia no Brasil	51
4.3	Critério de incentivo à energia renovável e eficiência energética	54
4.3.1	Pequenas centrais hidrelétricas	55
4.3.2	Energia solar fotovoltaica.....	56
4.3.3	Energia eólica	56
4.3.4	Usinas termelétricas à biomassa	57
4.3.5	Cogeração	57
4.3.6	Etanol Combustível.....	58
4.3.7	Energia solar térmica	59
4.3.8	Certificação de eficiência energética de edifícios	59
4.3.9	Código de obras municipais com diretrizes de eficiência energética	60
4.3.10	Política municipal de conservação de energia	61
4.3.11	Composição do critério “Energia renovável e eficiência energética”	63
4.4	Discussão	64
4.5	Conclusão.....	70
4.6	Referências bibliográficas.....	71
5.	Impactos financeiros da inclusão do critério “energia renovável e eficiência energética” no repasse de ICMS em Minas Gerais E Espírito Santo	75
	Resumo	75

5.1. Introdução	76
5.2. Critério “Energia renovável e eficiência energética”	77
5.3. Impactos do critério “Energia renovável e eficiência energética” no estado de Minas Gerais	78
5.3.1. Premissas para cálculo de repasse de ICMS pelo novo critério energético	78
5.3.2. Repasse de ICMS pelo novo critério energético	81
5.4. Impactos do critério “Energia renovável e eficiência energética” no estado do Espírito Santo	87
5.4.1. Premissas para cálculo de repasse de ICMS pelo novo critério energético	87
5.4.2. Repasse de ICMS pelo novo critério energético	90
5.4. Conclusão	93
5.5 Referências bibliográficas	94
6. Estudo comparativo dos programas de certificação de eficiência energética de edifícios em vigor no Brasil e na Espanha	96
Resumo	96
6.1 Introdução	97
6.2 Certificação de eficiência energética de edifícios	98
6.2.1. Espanha	98
6.2.2 Brasil	102
6.3 Discussão	108
6.4 Conclusão	111
6.5 Referências bibliográficas	112
7. Análise energética de sistema solar fotovoltaico instalado em um edifício de energia positiva na Espanha	115
Resumo	115
7.1 Introdução	116
7.2 Material e métodos	118
7.3 Resultados e discussão	123
7.4 Conclusão	130
7.5 Refêrências bibliográficas	131
8. Conclusão geral e recomendação de trabalhos futuros	134
8.1 Conclusão geral	134
8.2 Conclusões específicas	134
8.2.1 Panorama, desafios e oportunidades do ICMS Ecológico no Brasil	134

8.2.2	Proposição de critério de incentivo à energia renovável e eficiência energética para a leis de ICMS Ecológico	135
8.2.3	Impactos financeiros da inclusão do critério “Energia renovável e eficiência energética” no repasse de ICMS em Minas Gerais e Espírito Santo	135
8.2.4	Estudo comparativo dos programas de certificação de eficiência energética de edifícios em vigor na Espanha e no Brasil.....	136
8.2.5	Análise energética de sistema solar fotovoltaico instalado em um edifício de energia positiva na Espanha.....	136
8.3	Sugestões para trabalhos futuros	137

Lista de Quadros

Quadro 1.1 Criterios sociales y ambientales adoptadas para la transferencia del ICMS en diferentes estados de Brasil	3
Quadro 1.2 Las principales características de los programas de certificación de eficiencia energética de los edificios existentes en España y Brasil	14
Quadro 3.1. Exemplos de tributos ambientais em uso no Brasil	31
Quadro 3.2 Critérios socioambientais adotados para repasse de ICMS em diferentes unidades federativas brasileiras	35
Quadro 4.1. Potencial de geração de energia elétrica por diferentes fontes renováveis no Brasil.....	52
Quadro 5.1. Critérios para repasse de ICMS aos municípios no estado de Minas Gerais	79
Quadro 5.2. Repasse hipotético de ICMS pelo subcritério “Pequenas centrais hidrelétricas” para municípios presentes em diferentes regiões do estado de Minas Gerais	82
Quadro 5.3. Repasse hipotético de ICMS pelo subcritério “Usinas termelétricas à biomassa de energia elétrica” para municípios localizados em diferentes regiões do estado de Minas Gerais.....	83
Quadro 5.4. Repasse hipotético de ICMS pelo subcritério “Cogeração” para municípios do estado de Minas Gerais	84
Quadro 5.5. Repasse hipotético de ICMS pelo subcritério “Energia solar fotovoltaico” para municípios do estado de Minas Gerais.....	84
Quadro 5.6. Critérios para repasse de ICMS aos municípios no estado do Espírito Santo.....	87
Quadro 5.7. Repasse hipotético de ICMS pelo subcritério “Pequenas centrais hidrelétricas” para municípios do estado do espírito Santo.....	90
Quadro 5.8. Repasse hipotético de ICMS pelo subcritério “Usinas termelétricas à biomassa” para municípios do estado do Espírito Santo	91
Quadro 5.9. Repasse hipotético de ICMS pelo subcritério “Cogeração em operação” para municípios do estado do Espírito Santo.....	91

Quadro 6.1. Equivalência entre a pontuação total e o nível global de eficiência energética do edifício	105
Quadro 6.2. Valor do coeficiente “a”, presente na Equação (6.2), para diferentes regiões do Brasil.....	106
Quadro 6.3. Principais características dos programas de certificação de eficiência energética de edifícios vigentes na Espanha e no Brasil	109
Quadro 7.1 Especificações do subsistema solar fotovoltaico 1.....	121
Quadro 7.2. Especificações do subsistema solar fotovoltaico 2.....	122
Quadro 7.3. Especificações do subsistema solar fotovoltaico 3.....	122
Quadro 7.4. Especificações do subsistema solar fotovoltaico 4.....	123

Lista de Figuras

Figura 1.1 Situação de los estados de Brasil con relación al ICMS Ecológico..	2
Figura 1.2 Eventual transferencia de ICMS por el criterio de "Energía renovable y eficiencia energética" a los municipios ubicados en diferentes regiones de Minas Gerais.	12
Figura 1.3 Eventual transferencia de ICMS por el criterio de "Energía renovable y eficiencia energética" a los municipios del Espírito Santo.....	13
Figura 1.4 Simulación computacional de generación de energía del sistema solar fotovoltaico instalado en el Edificio Lucía.....	16
Figura 3.1. Rateio do ICMS entre estados e municípios. Fonte: Brasil (1988).	32
Figura 3.2 Situação das unidades federativas brasileiras quanto a existentes do ICMS Ecológico.....	34
Figura 4.1. Oferta interna de energia primária no Brasil em 2014.....	51
Figura 5.1. Oferta interna de energia nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo.....	77
Figura 5.2. Regiões de planejamento do estado de Minas Gerais.....	81
Figura 5.3. Repasse hipotético de ICMS pelo critério “Energia renovável e eficiência energética” para municípios localizados em diferentes regiões de Minas Gerais	86
Figura 5.4. Macrorregiões de gestão administrativa do estado do Espírito Santo.....	89
Figura 5.5. Repasse hipotético de ICMS pelo critério “Energia renovável e eficiência energética (EREE)” para municípios do estado do Espírito Santo... ..	92
Figura 6.1. Procedimentos da certificação de eficiência energética de edifícios na Espanha.....	99
Figura 6.2. Programas reconhecidos para a realização da certificação energética dos edifícios em Espanha.	101
Figura 6.3. Modelo de etiqueta de eficiência energética de edifícios em uso na Espanha.....	102
Figura 6.4. Processo de certificação de eficiência energética de edifícios no Brasil.	103

Figura 6.5. Modelo de etiqueta de eficiência energética para edifícios em uso no Brasil.	108
Figura 7.1. Vista seccionada do Edifício Lucia, localizado em Valladolid, Espanha.	119
Figura 7.2. Fontes renováveis de energia empregadas no Edifício Lucia e seus usos finais.	120
Figura 7.3. Sistema solar fotovoltaico instalado na Fachada Sudeste do Edifício Lucia. (a) vista frontal (b) detalhe do sistema de ventilação na base da fachada dupla.	121
Figura 7.4. Sistemas solares fotovoltaicos instalados na cobertura do Edifício Lucia. (a) subsistemas 2 e 3 e (b) subsistema 4.	122
Figura 7.5. Simulação de geração de energia elétrica útil do sistema solar fotovoltaico instalado no Edifício Lucia.	124
Figura 7.6. Simulação de geração e perdas de energia do subsistema solar fotovoltaico 1.	125
Figura 7.7. Simulação de geração e perdas de energia do subsistema solar fotovoltaico 2.	125
Figura 7.8. Simulação de geração e perdas de energia do subsistema solar fotovoltaico 3.	125
Figura 7.9. Simulação de geração e perdas de energia do subsistema solar fotovoltaico 4.	126
Figura 7.10. Geração de energia elétrica pelo subsistema fotovoltaico 1, obtido por simulação computacional e medição <i>in loco</i>	128
Figura 7.11. Geração de energia elétrica pelo subsistema fotovoltaico 2, obtido por simulação computacional e medição <i>in loco</i>	128
Figura 7.12. Geração de energia elétrica pelo subsistema fotovoltaico 3, obtido por simulação computacional e medição <i>in loco</i>	128
Figura 7.13. Geração de energia elétrica pelo subsistema fotovoltaico 4, obtido por simulação computacional e medição <i>in loco</i>	129

Resumo

ALTOÉ, Leandra, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2016. **Incentivo ao uso de energia renovável e eficiência energética como novo critério da lei de ICMS Ecológico.** Orientador: Delly Oliveira Filho. Co-orientadores: Francisco Javier Rey Martínez, Luis Manuel Navas Gracia, José Márcio Costa e Joyce Correna Carlo.

Políticas públicas têm sido empregadas em todo mundo para promover o uso racional dos recursos naturais, incluindo instrumentos legais de compensação financeira. No Brasil, tem se destacado o ICMS Ecológico, pelo qual os estados destinam recursos à municípios que promovem ações de conservação do meio ambiente e de melhoria da qualidade de vida humana. Vários critérios têm sido considerados para fins de distribuição de ICMS Ecológico nos diferentes estados brasileiros, porém apenas um versa sobre energia, referente à compensação financeira de municípios que possuem áreas inundadas por reservatórios de usinas hidrelétricas. Neste contexto, o objetivo principal desta tese foi propor e avaliar um critério de incentivo às fontes renováveis de energia e eficiência energética para repasse de recursos pela lei de ICMS Ecológico no Brasil. Como resultado, foi elaborado um critério intitulado “Energia renovável e eficiência energética”, composto por dez subcritérios: i) Pequenas centrais hidrelétricas; ii) Energia solar fotovoltaica; iii) Energia eólica; iv) Usinas termelétricas a biomassa; v) Etanol combustível; vi) Energia solar térmica; vii) Cogeração; viii) Código de obras municipal com diretrizes de eficiência energética; iv) Certificação de eficiência energética de edifícios; e x) Política municipal de conservação de energia. Para cada dos subcritérios, foram formulados métodos de cálculo para repasse de ICMS Ecológico e recomendadas fontes de dados estaduais e/ou federais que poderiam ser usadas para este fim. Para avaliar a aplicabilidade deste novo critério, simulou-se sua inclusão no rateio de ICMS nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, considerando cinco dos dez subcritérios inicialmente propostos e que este critério tivesse participação de 1% do ICMS total destinado aos municípios. Foi proposto que a fonte destes recursos viria da diminuição dos critérios: “População dos 50 municípios mais populosos” e “Municípios que possuem gestão avançada da saúde”, para os estados de Minas Gerais e Espírito Santo, respectivamente. Foi verificado que seria possível repassar um

montante de R\$ 76.415.256,84 e R\$ 22.263.027,50 pelo critério proposto, respectivamente, para os municípios de Minas Gerais e Espírito Santo, com base nos últimos balanços financeiros divulgados por esses estados. Diversos benefícios poderiam ser gerados pela inclusão do critério “Energia renovável e eficiência energética” nas leis de ICMS Ecológico no Brasil, incluindo o aumento de independência energética regional, a redução de emissões de gases de efeito estufa e a geração de emprego e renda. Além disso, nesta tese é apresentado um estudo comparativo dos programas de certificação de eficiência energética de edifícios em vigor no Brasil e na Espanha e uma análise energética do sistema solar fotovoltaico instalado em um edifício energia positiva, localizado no campus da Universidad de Valladolid, Valladolid, Espanha (Edifício Lucia). A certificação de eficiência energética de edifícios se encontra em um estágio mais consolidado na Espanha, comparado ao Brasil, quanto à metodologia utilizada e difusão no setor da construção civil. Entre os parâmetros presentes no programa espanhol que poderiam ser adotadas no programa brasileiro, estão: emprego de programas computacionais de referência para avaliação de eficiência energética, quantificação das emissões equivalentes de dióxido de carbono e recomendações de melhoria de desempenho energético para os edifícios certificados. O sistema de geração de energia elétrica solar fotovoltaica avaliado é composto por quatro subsistemas independentes, sendo um instalado na fachada sudeste, com 10 kW_p, e três na cobertura do edifício Lucia, totalizando 5 kW_p. Por meio de simulação computacional, foi encontrado que o sistema poderia gerar um total de 16.612 kWh/ano de energia elétrica, sendo 10.832 kWh/ano do subsistema presente na fachada e 5.780 kWh/ano dos três subsistemas presentes na cobertura do edifício. Avaliou-se que este total de geração do sistema solar fotovoltaico representa aproximadamente 8% da demanda anual de energia elétrica do edifício.

Abstract

ALTOÉ, Leandra, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2016. **Incentive to the use of renewable energy and energy efficiency as new criterion of ICMS Ecological law.** Advisor: Delly Oliveira Filho. Co-advisors: Francisco Javier Rey Martínez, Luis Manuel Navas Gracia, José Márcio Costa e Joyce Correna Carlo.

Public policies have been used throughout the world to promote the rational use of natural resources, including legal instruments for financial compensation. In Brazil, the Ecological ICMS has been highlighted, by which the states send resources to municipalities that promote actions for the conservation of the environment and improvement of the human life quality. Several criteria have been considered for the purposes of distribution of ecological ICMS in different Brazilian states, but only one of them deals with energy, concerning the financial compensation of municipalities that have flooded areas by the hydroelectric plants reservoirs. In this context, the main objective of this thesis was to propose and assess a criterion for the incentive to renewable energy sources and energy efficiency for resources pass-through by the Ecological ICMS law in Brazil. As a result, it was developed a criterion entitled "Renewable Energy and energy efficiency", composed by ten sub-criteria: (i) Small hydroelectric plants; (ii) Solar photovoltaic energy; (iii) Wind energy; (iv) Biomass thermoelectric plants; (v) Ethanol fuel; (vi) Solar thermal energy; (vii) Cogeneration; (viii) Municipal works code with energy efficiency guidelines; (ix) Certification of buildings energy efficiency; and (x) Municipal policy for energy conservation. For each of the sub-criteria, calculation methods were formulated for pass-through of ecological ICMS and recommended data sources and/or federal state that could be used for this purpose. To assess the applicability of this new criterion, it was simulated its inclusion in the apportionment of ICMS in Minas Gerais and Espírito Santo states, considering five of the ten sub criteria originally proposed and that this criterion had the participation of 1% of the total ICMS intended to municipalities. It has been proposed that the source of these resources would originate from the criteria decrease: "Population of the 50 most

populated cities" and "Municipalities that have advanced health management ", for Minas Gerais and Espírito Santo states, respectively. It was verified that it would be possible to pass an amount of R\$ 76,415,256.84 and R\$ 22,263,027.50 by the criterion proposed, respectively, for the municipalities of Minas Gerais and Espirito Santo, based in recent financial statements disseminated by those States. Various benefits could be generated by the inclusion of the criterion 'Renewable Energy and energy efficiency" in Ecological ICMS laws in Brazil, including the increase of the regional energy independence, the greenhouse gas emissions reduction and the employment and income generation. In addition, in this thesis it is presented a comparative study of the certification programs for buildings energy efficiency in force in Brazil and Spain and an energy analysis of solar photovoltaic system installed in a positive energy building, located on the campus of the University of Valladolid, Valladolid, Spain (Lucia Building). The energy efficiency certification of buildings is in a more consolidated stage in Spain, compared to Brazil, regarding the methodology used and the diffusion in the civil construction sector. Among the parameters present in the Spanish program that might be adopted in the Brazilian program, are: employment of computational programs for assessment of energy efficiency, quantification of equivalent carbon dioxide emissions and recommendations for improvement of the energy performance for the certified buildings. The solar photovoltaic energy generation system is composed of four independent subsystems, one being installed in the southeast façade, with 10 kW_p, and three in the coverage of the building Lucia, totaling 5 kW_p. Through computer simulation, it was found that the system could generate a total of 16,612 kWh/year of electrical power, being 10,832 kWh/year from the subsystem present on the façade and 5,780 kWh/year from the three subsystems present on the roof of the building. It was evaluated that this total of generation of solar photovoltaic system represents approximately 8% of the annual power demand of the building.

Resumen

ALTOÉ, Leandra, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julio, 2016. **Incentivo al uso de energía renovable y eficiencia energética como nuevo criterio de la ley ICMS Ecológico**. Director: Delly Oliveira Filho. Codirectores: Francisco Javier Rey Martínez, Luis Manuel Navas Gracia, José Márcio Costa e Joyce Correna Carlo.

Diferentes políticas públicas han sido empleadas en todo el mundo para promover el uso racional de los recursos naturales, siendo habituales instrumentos legales de compensación financiera. En Brasil, destaca el ICMS Ecológico, mediante el cual los estados destinan recursos a los municipios que promueven acciones de conservación del medio ambiente y mejora de la calidad de la vida humana. Diferentes actividades o sectores se encuentran dentro del ámbito de aplicación del ICMS Ecológico en los distintos estados brasileños, pero solamente uno dentro del ámbito de la energía, es el que hace referencia a una compensación financiera en los municipios que poseen áreas inundadas por embalses o reservas de agua de centrales hidroeléctricas. En este contexto, el objetivo principal de esta tesis fue proponer y evaluar un criterio de incentivo a la aplicación de energías renovables y mejora de la eficiencia energética para el reparto de recursos por la ley de ICMS Ecológico de Brasil. Como resultado, fue elaborado un criterio titulado “Energía renovable y eficiencia energética”, compuesto por diez subcriterios: i) Pequeñas centrales hidroeléctricas; ii) Energía solar fotovoltaica; iii) Energía eólica; iv) Usinas termoeléctricas a biomasa; v) Etanol combustible; vi) Energía solar térmica; vii) Cogeneración; viii) Código de obras municipal con directrices de eficiencia energética; ix) Certificación de eficiencia energética de edificios; y x) Política municipal de conservación de energía. Para cada uno de los subcriterios, fueron formulados métodos de cálculo para el reparto de fondos del ICMS Ecológico, también fueron recomendadas fuentes de datos estatales y/o federales que podrían ser utilizadas para este fin. Para evaluar la aplicabilidad de este nuevo criterio, se simuló su inclusión en el prorrateo del ICMS en los estados de Minas Gerais y Espírito Santo, considerando cinco de los diez subcriterios o apartados inicialmente propuestos, y que esta propuesta contase con la aportación del 1% del ICMS total destinado a los municipios. Se propuso

que la fuente de estos recursos proviniera de la disminución de los criterios: “Población de los 50 municipios más populosos” y “Municipios que poseen gestión avanzada de salud”, para los estados de Minas Gerais y Espírito Santo, respectivamente. Se concluyó que según los criterios propuestos sería posible alcanzar las cifras de R\$ 76.415.256,84 y R\$ 22.263.027,50, respectivamente para los estados de Minas Gerais y Espírito Santo, con base en los últimos estados financieros publicados por estos estados. Se podrían conseguir diferentes beneficios con la aplicación de la propuesta “Energía renovable y eficiencia energética” en las leyes de ICMS Ecológico en Brasil, incluyendo el aumento de independencia energética regional, la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero y la generación de empleo y renta. Esta tesis también presenta un estudio comparativo de los programas de certificación de eficiencia energética de edificios en Brasil y en España, así como un análisis energético del sistema fotovoltaico instalado en un edificio de energía casi nula, localizado en el campus de la Universidad de Valladolid, España (Edificio LUCIA). La certificación de eficiencia energética de edificios se encuentra en España en una etapa más consolidada que en Brasil, en lo relativo a la metodología utilizada y la difusión en el sector de la construcción civil. Entre los parámetros presentes en el programa español que podrían ser adoptados en el programa brasileño están: empleo de programas computacionales de referencia para evaluación de eficiencia energética, cuantificación de las emisiones equivalentes de dióxido de carbono y recomendaciones de mejora de la eficiencia energética para los edificios certificados. El sistema de generación de energía eléctrica solar fotovoltaica evaluado está compuesto por cuatro sistemas independientes, siendo uno instalado en la fachada sudeste, con 10 kW_p, y tres en la cubierta del Edificio LUCIA, que suman 5 kW_p. A través de simulación computacional, se obtuvieron resultados que mostraban que el sistema podría generar un total de 16.612 kW/año de energía eléctrica, siendo 10.832 kW/año del subsistema presente en la fachada y 5.780 kW/año de los tres subsistemas presentes en la cubierta del edificio. Se calculó que este total de generación del sistema solar fotovoltaico representa aproximadamente 8% de la demanda anual de energía eléctrica del edificio.

1. Resumen ampliado

1.1 Panorama, desafíos y oportunidades del ICMS Ecológico en Brasil

Diferentes políticas públicas han sido empleadas en todo el mundo para promover el uso racional de los recursos naturales, siendo habituales instrumentos legales de compensación financiera. En Brasil, destaca el ICMS Ecológico, mediante el cual los estados destinan recursos a los municipios que promueven acciones de conservación del medio ambiente y mejora de la calidad de la vida humana

La Constitución Federal de Brasil establece las normas de reparto de impuestos en territorio nacional, incluyendo el Impuesto sobre Circulación de Mercancías y sobre Servicios Prestados de Transportes Interestatal e Intermunicipal de y Comunicación (ICMS). De acuerdo con el artículo 158 de la Constitución, del total recaudado con el ICMS, 75% pertenecen a los estados y 25% a los municipios. También de acuerdo con este artículo, el ICMS debe ser asignado de la siguiente manera entre los municipios: i) 3/4, en lo mínimo, proporcional al Impuesto sobre el Valor Añadido (VAF) de cada municipio; y ii) 1/4, en lo máximo, conforme a lo dispuesto en la ley estatal (Brasil, 1988).

Paraná fue el primer estado en aprobar el ICMS Ecológico, en 1991, utilizando como criterios para la transferencia de fondos a los municipios "Unidades de conservación ambiental" y "Protección de fuentes de agua " (Paraná, 1991). São Paul lanzó su ley dos años más tarde, considerando los parámetros de "Unidades de conservación ambiental" y "Área inundada para generación de energía hidroeléctrica" (Sao Paulo, 1993). Al año siguiente, Mato Grosso do Sul promulgó su ley, que consideraba la variable "Unidades de conservación ambiental" (Mato Grosso do Sul, 1994). En 1995, Minas Gerais creó una ley basada en varios criterios sociales y ambientales, incluidos "Unidades de conservación ambiental", "sistemas de tratamiento y disposición final de residuos sólidos urbanos y sistemas de alcantarillado ", "Educación" y "Salud" (Minas Gerais, 1995).

El ICMS Ecológico ya ha sido premiado por varias organizaciones nacionales e internacionales. Fue considerado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza como una de las siete experiencias exitosas

para la conservación de la biodiversidad en América Latina y el Caribe, después de la Conferencia Río 92. La Fundación Getulio Vargas, a su vez, evalúa el ICMS Ecológico como una de las cien experiencias más importantes en la administración pública en Brasil. Además, este instrumento legal ha recibido el premio Henry Ford de la Unión de las Naciones Unidas, destinado a reconocer acciones que promueven la conservación del medio ambiente (The Nature Conservancy, 2016).

En este contexto, el objetivo del Capítulo 3 fue analizar las etapas de implementación del ICMS Ecológico en Brasil y discutir desafíos y oportunidades. Se verificó que de las 26 unidades federativas, 18 adoptan por lo menos un criterio socio ambiental para transferencia de ICMS a los municipios, están fuera de este grupo Amazonas, Alagoas, Bahía, Maranhão, Rio Grande do Norte, Roraima, Santa Catarina e Sergipe, como puede verse en la Figura 1.1.

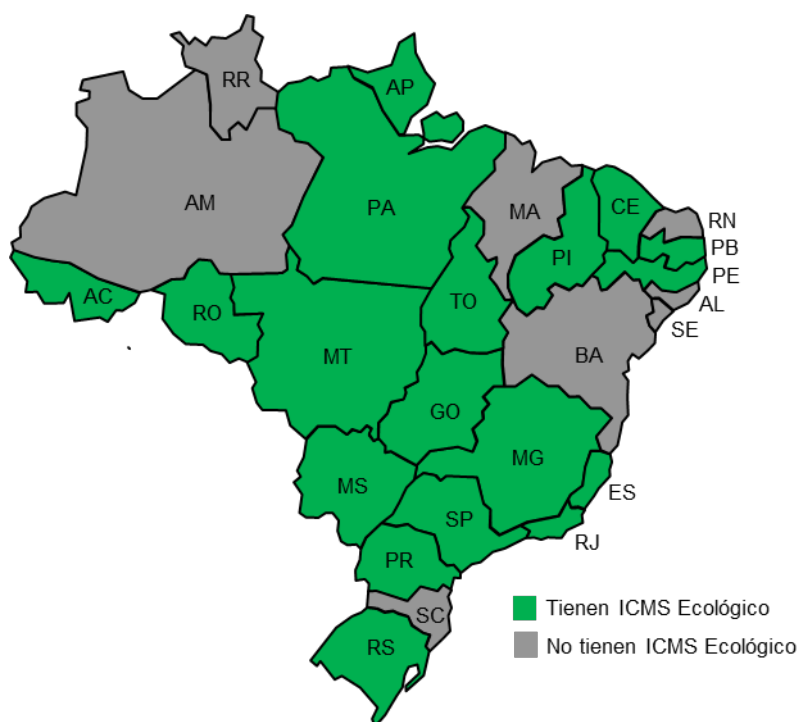


Figura 1.1 Situación de los estados de Brasil con relación al ICMS Ecológico. Fuente: Acre (2004), Alagoas (2008), Amapá (1996), Amazonas (2002), Bahía (1997), Ceará (2007), Espírito Santo (1997), Goiás (2011), Maranhão (1992), Mato Grosso (2004), Mato Grosso do Sul (2011), Minas Gerais (2009), Pará (2012); Paraíba (2011), Paraná (1991), Pernambuco (2003), Piauí (2008), Rio De Janeiro (2007), Rio Grande do Norte (2009), Rio Grande do Sul (1997),

Rondônia (1996), Roraima (1993), Santa Catarina (1989), São Paulo (1993), Sergipe (2008), Tocantins (2002).

Se observó que decenas de criterios sociales y ambientales se han utilizado para la transferencia de fondos en los estados que tienen ley de ICMS Ecológico en vigor, algunos presentados en el Cuadro 1.1. Entre los criterios más adoptados en las leyes de ICMS Ecológico, están “Unidades de conservación ambiental”, “Gerenciamiento de residuos sólidos urbanos”, “Conservación del agua”, Salud” y “Educación”.

Cuadro 1.1 Criterios sociales y ambientales adoptadas para la transferencia del ICMS en diferentes estados de Brasil

Criterios	Unidades federativas
Unidades de conservación ambiental	AC, AP, GO, MT, MS, MG, PA, PB, PE, PI, PR, RJ, RO, RS, SP, TO
Gestión de residuos sólidos urbanos	CE, GO, MS, PB, PE, PI, RJ
Saneamiento	ES, TO
Combate y reducción de la deforestación	GO, PI
Combate y reducción del riesgo de incendio	GO, TO
Programas de conservación de suelos	GO, TO
Programas de conservación de la biodiversidad	GO, PI
Programas de conservación del agua	GO, PI, RJ, TO
Protección de fuentes de agua	GO, PI, PR, PI
Mitigación de la contaminación atmosférica	GO, PI
Adecuación de edificios irregulares	GO, PI
Educación ambiental	GO, PI
Número de propiedades rurales	ES, PR, RS
Producción agrícola	MG, PR, RO
Comercialización agrícola	ES
Área cultivada	AP, SP
Política municipal de medio ambiente	GO, PI, TO
Área inundada para generación de energía hidroeléctrica	MG, RS, SP
Educación	CE, AP, MG, PE
Salud	AP, CE, ES, MG, PE
Patrimonio cultural	AP, MG
Turismo	MG
Deportes	MG

Fuente: Acre (2004), Amapá (1996), Ceará (2007), Espírito Santo (1997), Goiás (2011), Mato Grosso (2004), Mato Grosso do Sul (2011), Minas Gerais (2009), Pará (2012), Paraíba (2011), Paraná (1991), Pernambuco (2003), Piauí (2008), Rio de Janeiro (2007), Rio Grande do Sul (1997), Rondônia (1996), São Paulo (1993), Tocantins (2002).

A pesar del gran número de criterios existentes, estos están heterogéneamente distribuidos, habiendo una media nacional de cuatro parámetros socio ambientales por ley estatal. Fue verificado que tales criterios presentan una participación media del 12% por la ley estatal, de un total posible del 25% del ICMS destinado a los municipios. Por lo tanto, aún existe la posibilidad de ampliar el uso de criterios ecológicos para el reparto del ICMS en las distintas unidades federativas, además de existir la posibilidad de la creación de nuevos criterios. Los estados pueden formular sus propios criterios, teniendo en cuenta sus peculiaridades locales y sus objetivos específicos en las áreas social y ambiental.

Además de la diversificación de los criterios, para aumentar los resultados positivos del ICMS Ecológico en territorio nacional, es necesario aumentar la información a los gestores municipales en cuanto a este instrumento legal. Esto puede ser llevado a cabo por medio de iniciativas del gobierno estatal, que podría ofrecer cursos de capacitación a los ayuntamientos y éstos, a su vez, podrían demandar ayuda especializada para aumentar sus ingresos por esta fuente.

1.2 Proposición de criterio de incentivo a la energía renovable y eficiencia energética para la ley de ICMS Ecológico

El ICMS Ecológico es un instrumento legal de compensación financiera en uso en Brasil, por el cual los estados destinan recursos a municipios que promueven acciones de conservación del medio ambiente y mejora de la calidad de vida. Más de veinte criterios socio ambientales han sido empleados como transferencia de ICMS Ecológico en las diferentes unidades federativas, pero solo uno versa sobre energía, el referente a la compensación de municipios que poseen áreas inundadas por reservas de agua de centrales hidroeléctricas. El objetivo del Capítulo 4 fue formular un criterio de incentivo al uso de las fuentes renovables de energía y de medidas de eficiencia energética para componer la ley de ICMS Ecológico. Como resultado, fue elaborado un criterio titulado “Energía renovable y eficiencia energética”, compuesto por diez subcriterios, calculados conforme Se describe a continuación.

1.2.1 Subcriterio “Pequeñas centrales hidroeléctricas”

La transferencia por este subcriterio sería dada por la relación entre la capacidad instalada de las pequeñas centrales hidroeléctricas ubicadas en el municipio y la potencia total instalada en el estado, Ecuación 1.1. Se consideraran pequeñas centrales hidroeléctricas aquellas plantas con una capacidad instalada inferior o igual a 30.000 kW.

$$P_{hid_mun} = \frac{Pot_{pch_mun}}{Pot_{pch_est}} \quad (1.1)$$

en que:

- P_{pch_mun} : parte del ICMS a ser transferida al municipio por el subcriterio “Pequeñas centrales hidroeléctrica” (%);
- Pot_{pch_mun} : potencia instalada en operación de pequeñas centrales hidroeléctricas en el municipio (MW); y
- Pot_{pch_est} : potencia instalada en operación de pequeñas centrales hidroeléctricas en el estado (MW).

1.2.2 Subcriterio “Energía solar fotovoltaica”

La transferencia por este subcriterio sería dada por la relación entre la capacidad instalada de plantas solares fotovoltaicas ubicadas en el municipio y la potencia total instalada en el estado, Ecuación 1.2.

$$P_{sf_mun} = \frac{Pot_{sf_mun}}{Pot_{sf_est}} \quad (1.2)$$

en que:

- P_{sf_mun} : parte del ICMS a ser transferida al municipio por el subcriterio “Energía solar fotovoltaica” (%);
- Pot_{sf_mun} : potencia instalada en operación de plantas solares fotovoltaicas en el municipio (MW); y
- Pot_{sf_est} : potencia instalada en operación de plantas solares fotovoltaicas

en el estado (MW).

1.2.3 Subcriterio “Energía eólica”

La transferencia por este subcriterio sería dada por la relación entre la capacidad instalada de las plantas eólicas ubicadas en el municipio y la potencia total instalada en el estado, Ecuación 1.3.

$$P_{\text{eol_mun}} = \frac{\text{Pot}_{\text{eol_mun}}}{\text{Pot}_{\text{eol_est}}} \quad (1.3)$$

en que:

- $P_{\text{eol_mun}}$: parte del ICMS a ser transferida al municipio por el subcriterio “Energía eólica” (%);
- $\text{Pot}_{\text{eol_mun}}$: potencia instalada en operación de plantas eólicas en el municipio (MW); y
- $\text{Pot}_{\text{eol_est}}$: potencia instalada en operación de plantas eólicas en el estado (MW).

1.2.4. Subcriterio “Termoeléctricas a base de biomasa”

La transferencia por este subcriterio sería dada por la relación entre la capacidad instalada de las centrales termoeléctricas a base de biomasa ubicadas en el municipio y la potencia total instalada en el estado, Ecuación 1.4.

$$P_{\text{bio_mun}} = \frac{\text{Pot}_{\text{bio_mun}}}{\text{Pot}_{\text{bio_est}}} \quad (1.4)$$

en que:

- $P_{\text{bio_mun}}$: parte del ICMS a ser transferida al municipio pelo subcriterio “Termoeléctricas a base de biomasa” (%);
- $\text{Pot}_{\text{bio_mun}}$: potencia instalada en operación de centrales termoeléctricas a base de biomasa en el municipio (MW); y

Pot_{bio_est} : potencia instalada en operación de centrales termoeléctricas a base de biomasa en el estado (MW).

1.2.5. Subcriterio “Cogeneración”

La transferencia por este subcriterio sería la relación entre la capacidad instalada de las centrales termoeléctricas con cogeneración ubicadas en el municipio y la potencia total instalada en el estado, Ecuación 1.5.

$$P_{cog_mun} = \frac{Pot_{cog_mun}}{Pot_{cog_est}} \quad (1.5)$$

en que:

P_{cog_mun} : parte del ICMS a ser transferida al municipio por el subcriterio “Cogeneración” (%);

Pot_{cog_mun} : potencia instalada en operación de centrales termoeléctricas a con cogeneración en el municipio (MW); y

Pot_{cog_est} : potencia instalada en operación de centrales termoeléctricas con cogeneración en el estado (MW).

1.2.6 Subcriterio “Etanol combustible”

La transferencia por este subcriterio sería dada por la relación entre el consumo de etanol combustible en el municipio y en el estado, Ecuación 1.6.

$$P_{et_mun} = \frac{C_{et_mun}}{C_{et_est}} \quad (1.6)$$

em que:

P_{et_mun} : parte del ICMS a ser transferida al municipio por el subcriterio “Etanol combustible” (%);

C_{et_mun} : consumo de etanol combustible en el municipio (m³); y

C_{et_est} : consumo de etanol combustible en el estado (m³).

1.2.7 Subcriterio “Energía solar térmica”

La transferencia por este subcriterio sería dada por la relación entre el área de colectores solares térmicos instalados en el municipio y en el estado, Ecuación 1.7.

$$P_{st_mun} = \frac{A_{st_mun}}{A_{st_est}} \quad (1.7)$$

em que:

P_{st_mun} : parte del ICMS a ser transferida al municipio por el subcriterio “Energía solar térmica” (%);

A_{st_mun} : área instalada de colectores solares térmicos en el municipio (m²);
y

A_{st_est} : área instalada de colectores solares térmicos en el estado (m²).

1.2.8 Subcriterio “Certificación de eficiencia energética de edificios”

La transferencia por este subcriterio sería dada por la relación entre el área de edificios certificados por el *Programa Brasileiro de Etiquetagem* (PBE) en el municipio y en el estado, Ecuación 1.8.

$$P_{cee_mun} = \frac{0,30A_{mun} + 0,25B_{mun} + 0,20C_{mun} + 0,15D_{mun} + 0,10E_{mun}}{0,30A_{est} + 0,25B_{est} + 0,20C_{est} + 0,15D_{est} + 0,10E_{est}} \quad (1.8)$$

em que:

P_{cee_mun} : parte a ser transferida al municipio por el subcriterio “Certificación de eficiencia energética de edificios” (%);

A_{mun} : área total de edificios con etiqueta A por el PBE en el municipio;

B_{mun} : área total de edificios con etiqueta B por el PBE en el municipio;

C_{mun} : área total de edificios con etiqueta C por el PBE en el municipio;

D_{mun} : área total de edificios con etiqueta D por el PBE en el municipio;

E_{mun} : área total de edificios con etiqueta E por el PBE en el municipio;

A_{est} : área total de edificios con etiqueta A por el PBE en el estado;

- B_{est} : área total de edificios con etiqueta B por el PBE en el estado;
 C_{est} : área total de edificios con etiqueta C por el PBE en el estado;
 D_{est} : área total edificios con etiqueta D por el PBE en el estado; y
 E_{est} : área total de edificios con etiqueta E por el PBE en el estado.

1.2.9 Subcriterio “Código municipal de construcción con normas de eficiencia energética”

Tendrían derecho a recibir por este subcriterio aquellos municipios que tienen códigos municipales de construcción con directivas de eficiencia energética más estrictas que las presentes en leyes estatales y federales. Como base, se recomienda las medidas enumeradas a continuación:

- i. Iluminación natural;
- ii. Ventilación natural;
- iii. Valores de referencia para propiedades térmicas de las superficies de los edificios;
- iv. Sistemas de iluminación eficientes;
- v. Sistemas de acondicionamiento de aire eficientes;
- vi. Exigencia de instalación de agua caliente sanitaria;
- vii. Obligatoriedad de uso de sistemas de energías renovables, como energía solar térmica;
- viii. Otras directrices eficientes contrastadas, además de las citadas anteriormente, que reduzcan el consumo de energía.

Para el cálculo de la transferencia de fondos para este subcriterio, en primer lugar, el estado debería examinar los códigos de construcción de todos los municipios y juzgar cuales tendrían derecho a recibir por este subcriterio. Después de eso, los municipios serían divididos en tres grupos:

- A. Municipios con los códigos de construcción más eficientes, que dividirían en partes iguales, el 50% de la función total de este subcriterio;
 - B. Municipios con los códigos de construcción menos eficientes, que dividirían en partes iguales, el 20% de la función total de este subcriterio;
- y

- C. Municipios con los códigos de construcción menos eficientes que el grupo "A" y más eficiente que el grupo "B", que dividirían en partes iguales, el 30% de la función total de este subcriterio.

1.2.10 Subcriterio “Política municipal de conservación de la energía”

Tendrían derecho a recibir por este subcriterio aquellos municipios que tienen políticas municipales de conservación de la energía con directivas más estrictas que las presentes en leyes estatales y federales. Como base, se recomienda las medidas enumeradas a continuación:

- i. Sector público municipal: normas para compra de maquinaria y equipos que consideren requisitos de eficiencia energética;
- ii. Sector de educación: inclusión del tema "uso racional de la energía" en la educación primaria y secundaria en las escuelas municipales, a través de clases, conferencias y/o exposiciones;
- iii. Sector comercial y de servicios: conferencias que abordan temas como equipos y sistemas eficientes que utilizan energía y prácticas de uso racional;
- iv. Sector industrial: conferencias que abordan temas como auditorías energéticas; reutilización de residuos para la generación de energía y cogeneración;
- v. Sector de transportes: campañas de sensibilización que incluyen el uso del transporte público, los vehículos eficientes y biocombustibles; y
- vi. Sector agrícola: conferencias para agricultores sobre prácticas de gestión eficiente, máquinas de alto rendimiento, reutilización de residuos para la generación de energía y cogeneración.

Para el cálculo de la transferencia de fondos para este subcriterio, en primer lugar, el estado debería examinar las políticas municipales de conservación de la energía de todos los municipios y juzgar cuales tendrían derecho a recibir por este subcriterio. Después de eso, los municipios serían divididos en tres grupos:

- A. Municipios con las políticas municipales de conservación de la energía más exigentes, que dividirían en partes iguales, el 50% de la función total de este subcriterio;
- B. Municipios con las políticas municipales de conservación de la energía menos exigentes, que dividirían en partes iguales, el 20% de la función total de este subcriterio; y
- C. Municipios con las políticas municipales de conservación de la energía menos exigentes que el grupo "A" y más exigentes que el grupo "B", que dividirían en partes iguales, el 30% de la función total de este subcriterio.

Diversos beneficios podrían ser generados por la inclusión de un criterio de incentivo a las fuentes renovables de energía y eficiencia en las leyes de ICMS Ecológico en Brasil, incluyendo aumento de la independencia energética regional, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y aumento de la generación de empleo y renta.

1.3. Impactos financieros de la inclusión del criterio “energía renovable y eficiencia energética” en la transferencia de ICMS en Minas Gerais y Espírito Santo

Muchos estados se han enfrentado a dificultades para aumentar la participación de criterios socio ambientales en sus leyes de ICMS Ecológico, debido principalmente a la resistencia de algunos municipios que temen pérdidas económicas. Se puede intentar disminuir esta resistencia por medio de discusiones con los legisladores estatales y la población en general, evidenciando los beneficios de la inclusión de criterios de incentivo a la conservación del medio ambiente y mejoras de la calidad de vida humana.

El objetivo del Capítulo 5 fue evaluar los impactos económicos de la inclusión del criterio “Energía renovable y eficiencia energética” en la transferencia de ICMS en Minas Gerais y Espírito Santo. El estudio fue hecho considerando que el criterio sería compuesto por los subcriterios “Pequeñas centrales hidroeléctricas”, “Energía solar fotovoltaica”, “Energía eólica”, “Termoeléctricas a base de biomasa” y “Cogeneración”, y que tendría participación de 1% del ICMS total destinado a los municipios. Fue propuesto que el recurso para componer este nuevo criterio vendría de la disminución de

los criterios: “Población de los 50 municipios más populosos” y “Municipios que tienen gestión avanzada de salud”, para los estados de Minas Gerais y Espírito Santo, respectivamente.

Fue verificado que sería posible transferir una suma de R\$ 76.415.256,84 para municipios de Minas Gerais, por el criterio “Energía renovable y eficiencia energética”. En este estado, actualmente 191 municipios por el criterio propuesto, divididos en diferentes regiones como se muestra en la Figura 1.2.

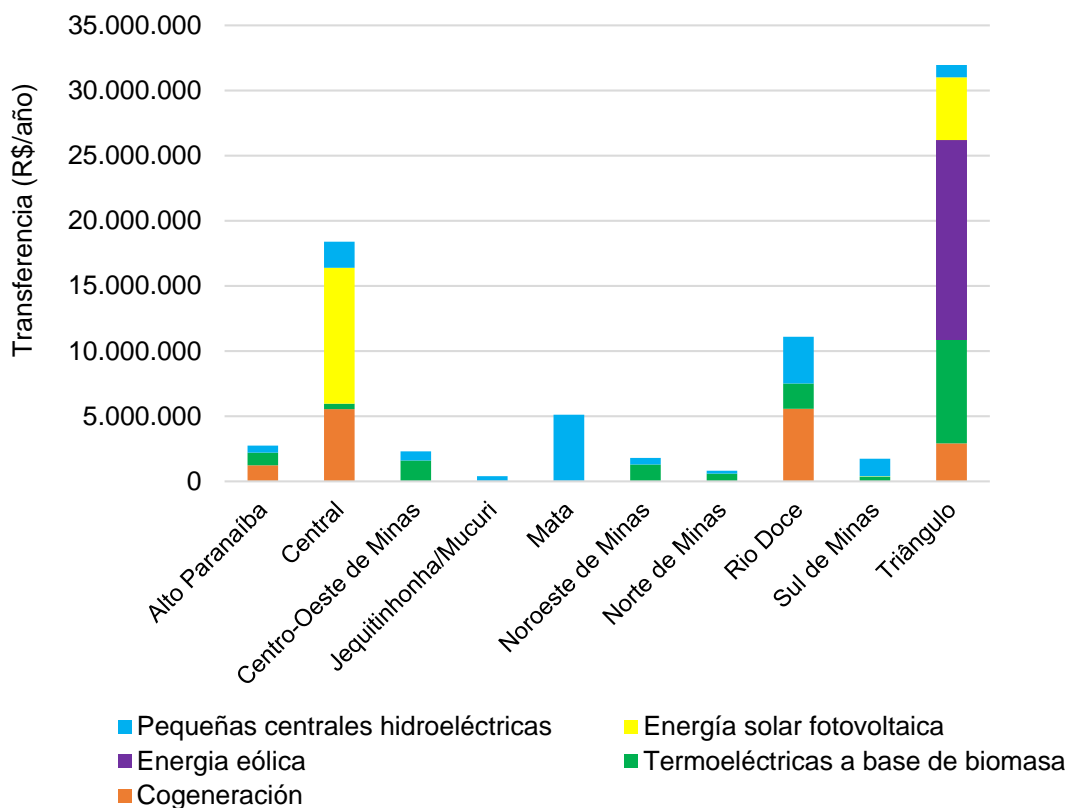


Figura 1.2 Eventual transferencia de ICMS por el criterio de "Energía renovable y eficiencia energética" a los municipios ubicados en diferentes regiones de Minas Gerais.

En el estado de Espírito Santo, a su vez, sería posible transferir una suma de R\$ 22.263.027,50, divididos entre 17 municipios, que se presentan en la Figura 1.3. Al contrario de Minas Gerais, que actualmente posee municipios capaces de recibir por todos los subcriterios analizados, en el Espírito Santo sólo hay municipios que recibirían por los subcriterios “Pequeñas centrales hidroeléctricas”, “Termoeléctricas a base de biomasa” y “Cogeneración”.

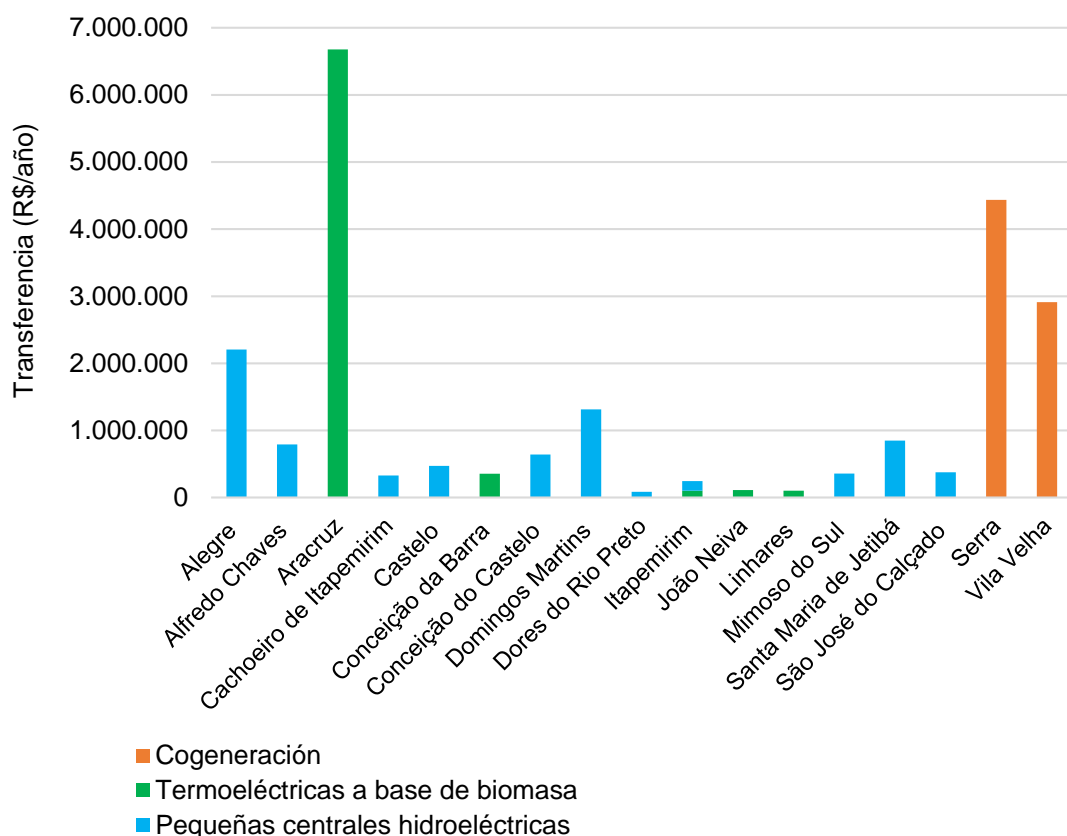


Figura 1.3 Eventual transferencia de ICMS por el criterio de "Energía renovable y eficiencia energética" a los municipios del Espírito Santo.

La inclusión de este criterio en la transferencia de ICMS de Gerais y Espírito Santo podría incentivar a los municipios a promover la generación distribuida de energía, con consecuente aumento de independencia energética estadual, lo que sería interesante del punto de vista de planeamiento estratégico, una vez que estos estados poseen grande demanda externa de energía eléctrica.

1.4. Estudio comparativo de los programas de certificación de eficiencia energética de edificios en vigor en Brasil y España

Varios países han incentivado el uso de fuentes renovables de energía y de medidas de eficiencia energética para reducir la dependencia de combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero. Diferentes instrumentos legales han sido empleados para disminuir la demanda de energía de los edificios, incluyendo normas reguladoras y programas de certificación de eficiencia energética. El objetivo del capítulo 5 fue evaluar los programas de certificación de edificios en vigor en Brasil y España.

Las principales diferencias entre los dos programas de certificación de eficiencia energética de los edificios son presentadas en el Cuadro 1.2.

Cuadro 1.2 Las principales características de los programas de certificación de eficiencia energética de los edificios existentes en España y Brasil

Características	España	Brasil
Obligatoriedad	Edificios públicos habitualmente frecuentados por la población y edificios privados que pretendan ser vendidos o alquilados	Edificios públicos federales nuevos y edificios públicos federales existentes que pasen por intervención <i>retrofit</i>
Escala de eficiencia energética	A à G	A à E
Validez del certificado energético	10 anos	5 anos
Indicador principal de eficiencia energética	Emisión anual de CO ₂	Consumo anual de energía
Sugestiones de mejoría de eficiencia energética	Sim	No
Programas computaciones de referencia para certificación	CALENER, CERMA, CE2, CE3, CE'X	No tiene
Agente responsable por la evaluación de eficiencia energética	Profesional licenciado	Organismo de Inspección Acreditado
Cumplimiento normativa	Decreto Real 235 (España, 2013)	Portaría 372 (Brasil, 2010) Portaría 18 (Brasil, 2012) Portaría 50 (Brasil, 2013)

El programa español se encuentra en una etapa más consolidada que el brasileño, cuanto a la metodología utilizada y su difusión en el sector de la construcción civil. Entre los parámetros presentes en el modelo español que podrían ser incorporadas en el brasileño, están: programas de computacionales de referencia para evaluación de desempeño energético, cuantificación de emisiones de dióxido de carbono y recomendación de mejoras de eficiencia energética para los edificios certificados.

Estudios de viabilidad económica de las mejorías de eficiencia energética han sido requeridos de forma voluntaria por el programa español, quedando a cargo del técnico responsable por el proceso incluirlos o no en el informe que entregue al propietario del edificio certificado. Por lo tanto, para los

dos países estudiados, se recomienda que sea exigido de forma obligatoria los estudios de viabilidad económica de las mejoras de desempeño energético, a fin de aumentar los impactos de los programas de certificación de eficiencia energética de edificios.

1.5. Análisis energético de sistema fotovoltaico instalado en un edificio de energía positiva en España

Los edificios son los responsables de una importante parte del consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero en todo el mundo. Por esto, varios países han incentivado el uso de fuentes renovables de energía y de medidas de eficiencia energética en el sector de la construcción civil.

El objetivo del Capítulo 7 fue realizar un análisis energético del sistema solar fotovoltaico instalado en un edificio de consumo de energía nulo, localizado en el campus de la Universidad de Valladolid, España (Edificio LUCIA). El sistema fue simulado para un ciclo anual por el programa PVSyst y fueron hechas mediciones *in situ* en el periodo de mayo a septiembre de 2015. El sistema fotovoltaico analizado es compuesto por cuatro subsistemas independientes, uno de ellos instalado en la fachada (subsistema 1) y los otros tres instalados en la cubierta del edificio (subsistema 1, subsistema 2 y subsistema 3).

Por simulación computacional, los resultados mostraron que el sistema fotovoltaico tiene potencial para generar un total de 16.612 kW/año de energía eléctrica, siendo 10.832 kW/año proveniente del subsistema presente en la fachada y 5.780 kW/año de los subsistemas presentes en la cobertura del edificio. En la Figura 1.4 se muestra la producción mensual de cada uno de los cuatro subsistemas fotovoltaicos instalados en el edificio Lucía. Se evaluó que este total de generación del sistema solar fotovoltaico permitiría atender 8% de la demanda de energía eléctrica del edificio.

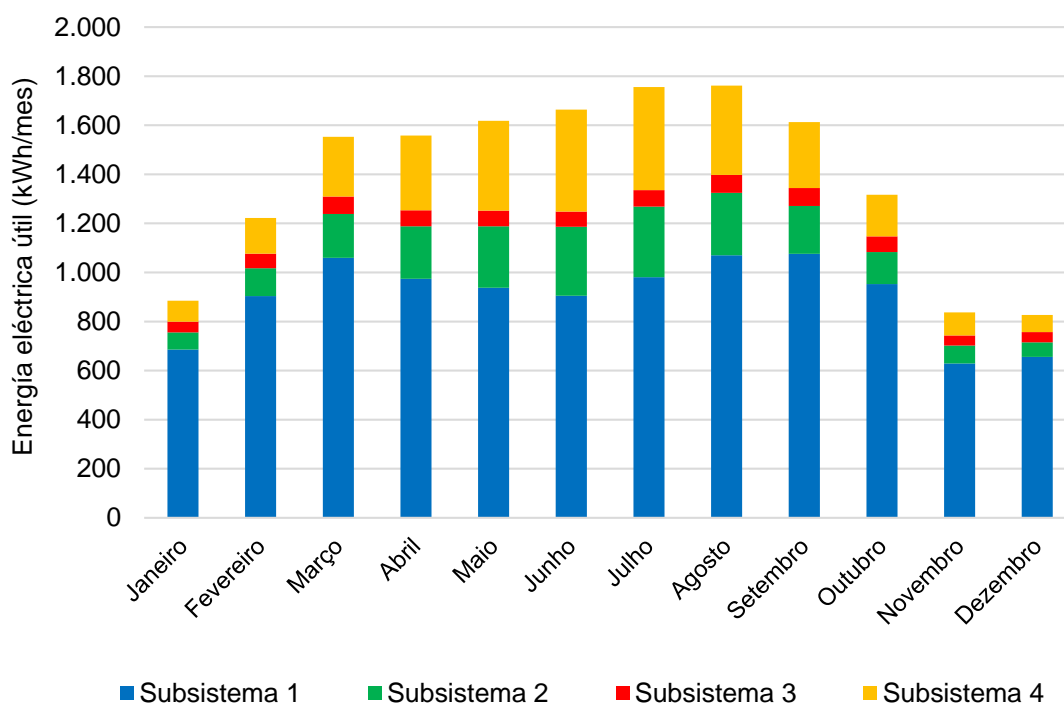


Figura 1.4 Simulação computacional de geração de energia do sistema solar fotovoltaico instalado em el Edifício Lucía.

Fue verificado por medição *in situ*, que el subsistema instalado en la fachada está generando una cuantía equivalente a 95% del obtenido por simulación, mientras los subsistemas instalados en la cubierta cuentan con una cuantía equivalente a 46% del obtenido por simulación, para el período de mayo a septiembre. Fue observado que los inversores de frecuencia de los subsistemas presentes en la cubierta del edificio, presentaron mensajes de errores durante algunos días del período de monitoreo, lo que puede explicar en parte esta grande diferencia encontrada entre simulación computacional y medición *in situ*. Por lo tanto, se recomienda que sea hecha una inspección de estos tres subsistemas, en especial de sus inversores de frecuencia, para identificar y corregir posibles defectos.

1.6 Referencias bibliográficas

Acre. Lei n.º 1.530, de 22 de janeiro de 2004. Institui o ICMS Verde, destinando cinco por cento da arrecadação deste tributo para os municípios com unidades de conservação ambiental. Rio Branco: **Diário Oficial do Estado do Acre**, 2004.

Alagoas. Lei nº 7.011, de 29 de dezembro de 2008. Dispõe sobre a alteração do § 2º, do art. 1º, da lei nº 5.981, de 19 de dezembro de 1997, que consolida os critérios de apuração, define os prazos de entrega das parcelas do produto da arrecadação dos impostos que menciona e das transferências, asseguradas aos municípios alagoanos, e adota outras providências. Maceió: **Diário Oficial do Estado de Alagoas**, 2008.

Amapá. Lei n.º 322, de 23 de dezembro de 1996. Dispõe sobre a distribuição da parcela da receita do produto da arrecadação dos impostos estaduais conforme disposições contidas no artigo 158 da Constituição Federal e Lei Complementar Federal n.º 63/90, e dá outras providências. Macapá: **Diário Oficial do Estado do Amapá**, 1996.

Amazonas. Lei nº 2.749, de 16 de setembro de 2002. Dispõe sobre os critérios para o crédito das parcelas do produto da arrecadação dos impostos do Estado pertencentes aos Municípios, e dá outras providências. Manaus: **Diário Oficial do Estado do Amazonas**, 2002.

Bahia. Lei Complementar nº 13 de 30 de dezembro de 1997. Regulamenta o inciso II, do artigo 153, da Constituição do Estado. Salvador: **Diário Oficial do Estado da Bahia**, 1997.

Brasil. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 5 de outubro de 1988. Contém as emendas constitucionais posteriores. Brasília: Senado, 1988.

Brasil. Portaria INMETRO n.º 18, de 16 de janeiro de 2012. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações de Edificações. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2012.

Brasil. Portaria INMETRO n.º 372, de 17 de setembro de 2010. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C). Brasília: **Diário Oficial da União**, 2010.

Brasil. Portaria INMETRO n.º 50, de 01 de fevereiro de 2013. Requisitos de Avaliação da Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios (RAC). Brasília: **Diário Oficial da União**, 2013.

Ceará. Lei n.º 14.023, de 17 de dezembro de 2007. Modifica dispositivos da Lei n.º 12.612, de 7 de agosto de 1996, que define critérios para distribuição da parcela de receita do produto e arrecadação do ICMS, pertencente aos municípios e dá outras providências. Fortaleza: **Diário Oficial do Estado do Ceará**, 2007.

Espanha. Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. **Boletín Oficial del Estado (España)**, 2013a.

Espírito Santo. Lei nº 5.399, de 25 de junho de 1997. Dá nova redação à alínea "d", do inciso II, da Lei Nº 4.288, de 29 de novembro de 1989, com a nova redação dada pela Lei Nº 5.344, de 20 de dezembro de 1996. Vitória: **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**, 1997.

Goiás. Lei Complementar n.º 90, de 22 de dezembro de 2011. Regulamenta o disposto no inciso III do § 1.º do artigo 107 da Constituição Estadual, acrescido pela Emenda Constitucional n.º 40, de 30 de maio de 2007, e dá outras providências. Goiânia: **Diário Oficial do Estado de Goiás**, 2011.

Maranhão. Lei estadual nº 5.599 de 24 de dezembro de 1992. Dispõe sobre a distribuição das parcelas do ICMS, pertencentes aos Municípios, e dá outras providências. São Luís: **Diário Oficial do Estado do Maranhão**, 1992.

Mato Grosso do Sul. Lei complementar nº 159, de 26 de dezembro de 2011. Dá nova redação à alínea "f" do inciso III do art. 1º da Lei Complementar nº 57, de 4 de janeiro de 1991. Campo Grande: **Diário Oficial do Estado do Mato Grosso do Sul**, 2011.

Mato Grosso. Lei Complementar n.º 157, de 20 de janeiro de 2004. Estabelece normas relativas ao cálculo dos Índices de Participação dos Municípios do Estado de Mato Grosso no produto da arrecadação do ICMS, e dá outras providências. Cuiabá: **Diário Oficial do Estado do Mato Grosso**, 2004.

Minas Gerais. Lei 20.922, de 17 de outubro de 2009. Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. Belo Horizonte: **Diário Oficial do Estado de Minas Gerais**, 2009.

Pará. Lei nº 7.638, de 12 julho de 2012. Dispõe sobre o tratamento especial de que trata o § 2º do art. 225 da Constituição do Estado do Pará. Belém: **Diário Oficial do Estado do Pará**, 2012.

Paraíba. Lei n.º 9.600, de 21 de dezembro de 2011. Disciplina a participação dos municípios na arrecadação do Imposto sobre Circulação de Mercadorias – ICMS, mediante repasse ecológico, e dá outras providências. João Pessoa: **Diário Oficial do Estado da Paraíba**, 2011.

Paraná. Lei Complementar n.º 59, de 1.º de outubro de 1991. Dispõe sobre a repartição de 5% do ICMS, a que alude o art. 2.º da Lei n.º 9.491/90, aos municípios com mananciais de abastecimento e unidades de conservação ambiental, assim como adota outras providências. Curitiba: **Diário Oficial do Estado do Paraná**, 1991.

Pernambuco. Lei n.º 12.432, de 29 de setembro de 2003. Ajusta os critérios de distribuição de parte do ICMS que cabe aos Municípios, nos termos do art. 2.º, da Lei n.º 10.489, de 2 de outubro de 1990, com a redação da Lei n.º 11.899, de 21 de dezembro de 2000, e da Lei n.º 12.206, de 20 de maio de 2002. João Pessoa: Recife: **Diário Oficial do Estado de Pernambuco**, 2003.

Piauí. Lei n.º 5.813, de 3 de dezembro de 2008. Cria o ICMS ecológico para beneficiar municípios que se destaquem na proteção ao meio ambiente e dá outras providências. Teresina: **Diário Oficial do Estado do Piauí**, 2008.

Rio de Janeiro. Lei n.º 5.100 de 4 de outubro de 2007. Altera a Lei n.º 2.664, de 27 de dezembro de 1996, que trata da repartição aos municípios da parcela de 25% (vinte e cinco por cento) do produto da arrecadação do ICMS, incluindo o critério de conservação ambiental, e dá outras providências. Rio Janeiro: **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**, 2007.

Rio Grande do Norte. Lei nº 9.277, de 30 de dezembro de 2009. Altera a Lei 7.105, de 30 de dezembro de 1997, que dispõe sobre os critérios de distribuição do produto da arrecadação do ICMS (25%) pertencente aos Municípios e dá outras providências. Natal: Aracaju: **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Norte**, 2009.

Rio Grande do Sul. Lei n.º 11.038, de 14 de novembro de 1997. Dispõe sobre a parcela do produto da arrecadação do Imposto sobre Operações Relativas à

Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS) pertencente aos municípios. Porto Velho: **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**, 1997.

Rondônia. Lei Complementar n.º 147, de 15 de janeiro de 1996. Altera e acrescenta dispositivos à Lei Complementar n.º 115, de 14 de junho de 1994, e dá outras providências. Porto Velho: **Diário Oficial do Estado de Rondônia**, 1996.

Roraima. Lei n.º 046 de 15 de setembro de 1993. Dispõe sobre os critérios de distribuição do produto da arrecadação do ICMS pertencente aos Municípios e dá outras providências. Boa Vista: **Diário Oficial do Estado de Roraima**, 1993.

Santa Catarina. Lei n.º 7.721, de 6 de setembro de 1989. Dispõe sobre a distribuição do ICMS aos Municípios. Florianópolis: **Diário Oficial do Estado de Santa Catarina**, 1989.

São Paulo. Lei n.º 8.510, de 29 de dezembro de 1993. Altera a Lei n.º 3.201, de 23 de dezembro de 1981, que dispõe sobre a parcela, pertencente aos municípios, do produto da arrecadação do ICMS. São Paulo: **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, 1993.

Sergipe. Lei n.º 2800 de 27 de abril de 1990. Dispõe sobre critérios de cálculo da parte referente a $\frac{1}{4}$ (um quarto) do crédito das parcelas do produto da arrecadação do ICMS, pertencentes aos Municípios, dá outras providências. Aracaju: **Diário Oficial do Estado de Sergipe**, 2008.

Tocantins. Lei n.º 1.323, de 4 de abril de 2002. Dispõe sobre os índices que compõem o cálculo da parcela do produto da arrecadação do ICMS pertencente aos Municípios e adota outras providências. Palmas: **Diário Oficial do Estado de Tocantins**, 2002.

2. Introdução geral

2.1 Considerações iniciais

A compensação financeira por serviços ecológicos tem sido cada vez mais utilizada para incentivar gestores públicos a promover o desenvolvimento sustentável (Kemkes et al., 2010). Vários países já utilizam tal mecanismo, onde o governo federal e estadual transfere recursos às administrações locais que realizam ações de preservação do meio ambiente (Santos et al., 2012). Estas últimas, por sua vez, são incentivadas a conservar os recursos naturais presentes em seus territórios, com conseqüente geração de benefícios ambientais para além de suas fronteiras e para gerações futuras (Kumar; Managi, 2009).

A Constituição Federativa Brasileira de 1988 estabeleceu as leis de distribuição de impostos em território nacional, incluindo o Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS). De acordo com o artigo 158, da Constituição Federal, do ICMS total arrecadado, 75% pertencem aos estados e 25% aos municípios. Ainda segundo este artigo, a parcela do ICMS destinado aos municípios deve ser repartida da seguinte forma: (i) três quartos, no mínimo, proporcional ao Valor Adicionado Fiscal (VAF) de cada município; e (ii) um quarto, no máximo, conforme definido em lei estadual (Brasil, 1988).

Paraná foi o primeiro estado a aprovar o ICMS Ecológico, em 1991, utilizando como critérios para repasse de recursos aos municípios “Unidades de conservação ambiental” e “Proteção de mananciais” (Paraná, 1991). São Paulo lançou sua lei dois anos depois, contemplando os parâmetros “Unidades de conservação ambiental” e “Área inundada para geração de energia elétrica” (São Paulo, 1993). No ano seguinte, foi a vez de Mato Grosso do Sul, o qual considerou o critério “Unidades de conservação ambiental” (Mato Grosso do Sul, 1994). Em 1995, Minas Gerais promulgou sua lei com base em diversos critérios socioambientais, entre eles “Unidades de Conservação”, “Sistemas de tratamento ou disposição final de resíduos sólidos ou de esgoto sanitário”, “Educação” e “Saúde” (Minas Gerais, 1995).

Atualmente, a maioria das unidades federativas brasileiras possuem leis de ICMS Ecológico e dezenas de critérios têm sido considerados para repasse de recursos aos municípios. Porém, apenas um critério que versa sobre energia tem sido usado, referente à compensação financeira de municípios que possuem área alagada para geração de energia hidrelétrica, em vigor em Minas Gerais, São Paulo e Rio Grande do Sul. Portanto, o ICMS Ecológico poderia ser melhor empregado neste sentido, incentivando-se o uso de fontes renováveis de energia e de medidas de eficiência energética nas diferentes unidades federativas brasileiras.

2.2 Limitações da pesquisa

Por esta pesquisa de doutorado buscou-se formular um critério de incentivo ao uso de energia renovável e eficiência energética, para ser contemplado pela lei de ICMS Ecológico no Brasil.

O novo critério energético foi elaborado com base exclusivamente em parâmetros técnicos, ou seja, não foram ouvidos representantes do poder público e da sociedade para compor o novo critério. Por este motivo, optou-se em criar um critério composto por dez subcritérios, para que cada estado possa eleger quais subcritérios considerar para compor seu critério de incentivo ao uso de energia renovável e eficiência energética.

Foi realizada uma discussão dos impactos socioeconômicos e ambientais da inclusão do novo critério energético nas leis de ICMS Ecológico no Brasil de forma mais qualitativa, uma análise quantitativa foi realizada apenas para os estados de Minas Gerais e Espírito Santo. A avaliação dos impactos financeiros para estes estados foi realizada considerando apenas cinco dos dez subcritérios inicialmente propostos, isto devido à falta de dados para o cálculo de repasse de por todos eles.

Não foi apresentado nesta tese um texto legal para a inclusão do novo critério energético nas leis de ICMS Ecológico, ou seja, um projeto de lei. Apenas o critério e a metodologia de cálculo para repasse pelo mesmo, além de uma sugestão de redistribuição de pesos entre o novo critério e os já existentes para os estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Para modificar as leis de ICMS Ecológico, o primeiro passo é formular um projeto de lei, o qual

deve ser apresentado à Assembleia Legislativa Estadual, o qual será julgado pelos deputados estaduais. Aqui, buscou-se exclusivamente fornecer informar técnica para embasar tal modificação na lei de ICMS Ecológico.

2.3 Estrutura da tese

O conteúdo presente nesta tese de doutorado está distribuído em sete capítulos.

Um resumo expandido em espanhol da tese é apresentado no Capítulo 1.

No Capítulo 2 é apresentada uma introdução geral, apresentando-se algumas considerações importantes sobre o tema de pesquisa.

Um estudo da arte do ICMS Ecológico no Brasil é apresentado no Capítulo 3.

No Capítulo 4 é apresentada uma proposição de critério de incentivo ao uso de fontes renováveis de energia e de medidas de eficiência energética para repasse de recursos pela lei de ICMS Ecológico no Brasil.

Uma simulação de repasse de ICMS pelo novo critério energético para os estados de Minas Gerais e Espírito Santo é apresentado no Capítulo 5.

No Capítulo 6 é apresentado um estudo da arte dos processos de certificação de eficiência energética de edifícios em vigor no Brasil e na Espanha.

Uma análise energética de um sistema solar fotovoltaico instalado em um edifício energia positivo, localizado no campus da Universidade de Valladolid, Espanha, é apresentada no Capítulo 7.

Por fim, no Capítulo 8 são apresentadas as principais conclusões de cada capítulo e futuros trabalhos que podem ser desenvolvidos a partir desta pesquisa de doutorado.

2.4 Contribuição da pesquisa

Com os resultados desta pesquisa de doutorado espera-se contribuir para a atualização das leis de ICMS Ecológico no Brasil, por meio de um

critério de incentivo ao uso de fontes renováveis de energia e medidas de eficiência energética.

Ao se propor o critério intitulado “Energia renovável e eficiência energética” e métodos de cálculos para repasse de recursos pelo mesmo, espera-se orientar os legisladores estaduais à propor projetos de lei para incluir este novo critério na distribuição de ICMS aos municípios de seus estados, empregando parte ou todos os subcritérios propostos nesta tese.

Diversos benefícios poderiam ser gerados pela inclusão deste novo critério energético nas leis de ICMS Ecológico no Brasil, incluindo: i) maior independência energética estadual; ii) redução dos impactos ao meio ambiente pela geração e uso de energia; iii) diminuição da demanda de energia, o que contribui de forma positivo para a gestão de cargas do sistema elétrico nacional; iv) aumento de receita das prefeituras por meio de captação recursos pelo ICMS Ecológico.

Portanto, em última instância, pretende-se pela proposição do novo critério energético incentivar o melhor aproveitamento do grande potencial de energia renovável existente no Brasil, bem como o uso medidas de eficiência energética, as quais são tão importantes quanto às fontes renováveis de energia para o uso mais sustentável dos recursos energéticos.

2.5 Objetivos

2.5.1 Objetivo geral

Propor e avaliar a inclusão de um novo critério de incentivo às fontes renováveis de energia e eficiência energética na lei de ICMS Ecológico no Brasil.

2.5.2 Objetivos específicos

- i. Analisar o estágio de implementação das leis de ICMS Ecológico no Brasil e seus desafios e oportunidades;
- ii. Propor um novo critério de incentivo às fontes renováveis de energia e eficiência energética para o repasse de recursos pelo ICMS Ecológico no Brasil;

- iii. Avaliar os impactos financeiros da inclusão do novo critério energético na lei de ICMS Ecológico nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo;
- iv. Analisar e comparar os processos de certificação de eficiência energética de edifícios em vigor no Brasil e na Espanha; e
- v. Avaliar a produção de energia elétrica de um sistema solar fotovoltaico instalado em um edifício energia positiva, localizado em Valladolid, Espanha.

2.6 Referências bibliográficas

Kemkes, R. J.; Farley, J.; Koliba, C. Determining when payments are an effective policy approach to ecosystem service provision. **Ecological Economics**, v. 69, p. 2069-2074, 2010.

Santos, R.; Antunes, P.; Clemente, P. Fiscal transfers for biodiversity conservation: The Portuguese Local Finances Law. **Land Use Policy**, v. 29, p. 261-273, 2012.

Kumar, S.; Managi, S. Compensation for environmental services and intergovernmental fiscal transfers: The case of India. **Ecological Economics**, v. 68, n. 12, p. 3052-3059, 2009.

Brasil. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 5 de outubro de 1988. Contém as emendas constitucionais posteriores. Brasília: Senado, 1988.

Paraná. Lei Complementar n.º 59, de 1.º de outubro de 1991. Dispõe sobre a repartição de 5% do ICMS, a que alude o art. 2.º da Lei n.º. 9.491/90, aos municípios com mananciais de abastecimento e unidades de conservação ambiental, assim como adota outras providências. Curitiba: **Diário Oficial do Estado do Paraná**, 1991.

São Paulo. Lei n.º 8.510, de 29 de dezembro de 1993. Altera a Lei n.º 3.201, de 23 de dezembro de 1981, que dispõe sobre a parcela, pertencente aos municípios, do produto da arrecadação do Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação - ICMS. São Paulo: **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, 1993.

Mato Grosso do Sul. Lei Complementar n.º 077, de 7 de dezembro de 1994. Altera a redação de dispositivo da Lei Complementar n.º 57, de 4 de janeiro de 1991, e dá outras providências. Campo Grande: **Diário Oficial do Estado do Mato Grosso do Sul**, 1994.

Minas Gerais. Lei n.º 12.040, de 28 de dezembro de 1995. Dispõe sobre a distribuição da parcela de receita do produto da arrecadação do ICMS pertencente aos Municípios, de que trata o inciso II do parágrafo único do artigo 158 da Constituição Federal, e dá outras providências. Belo Horizonte: **Diário Oficial do Estado de Minas Gerais**, 1995.

3. Panorama, desafios e oportunidades do ICMS Ecológico no Brasil

Resumo

Políticas públicas têm sido empregadas em todo mundo para promover o uso racional dos recursos naturais, incluindo os instrumentos legais de compensação financeira. No Brasil, tem se destacado o ICMS Ecológico, pelo qual os estados destinam recursos à municípios que realizam ações de conservação do meio ambiente e de melhoria da qualidade de vida humana. Objetivou-se com este capítulo analisar o estágio de implementação do ICMS Ecológico no Brasil e discutir seus desafios e oportunidades. Foi verificado que, das 26 unidades federativas, 18 adotam pelo menos um critério socioambiental para repasse de ICMS aos municípios e mais de 20 parâmetros desta natureza têm sido utilizados. Entre os critérios mais adotados nas leis de ICMS Ecológico estão “Unidades de conservação ambiental”; “Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos”; “Conservação da água”, “Saúde” e “Educação”. Apesar do grande de critérios existentes, estes estão heterogeneamente distribuídos, havendo uma média nacional de quatro parâmetros socioambientais por lei estadual. Foi verificado, ainda, que tais critérios apresentam uma participação média de 12% por lei estadual, de um total possível de 25% do ICMS destinado aos municípios. Portanto, há muita abertura para se expandir o uso de critérios ecológicos para repasse de ICMS nas diferentes unidades federativas, bem como para a criação de novos. Os estados podem formular seus próprios critérios, tendo em vista peculiaridades locais e suas metas nas áreas social e ambiental. Além da diversificação dos critérios, para aumentar os resultados positivos do ICMS Ecológico em território nacional, é necessário aumentar a informação dos gestores municipais quanto a este instrumento legal. Isto pode ser feito por meio de iniciativas do governo estadual, que poderia oferecer cursos de capacitação às prefeituras e estas, por sua vez, poderiam procurar ajuda especializada para aumentar suas receitas por esta fonte.

Palavras-chave: Políticas públicas, compensação financeira, conservação ambiental, desenvolvimento social.

3.1 Introdução

A crescente degradação dos recursos naturais, como consequência do aumento populacional e da intensificação das atividades econômicas, levou a necessidade de promulgação de diferentes políticas públicas que visam promover a conservação do meio ambiente, incluindo as de caráter econômico-financeira (Santos et al., 2012). O uso de tais instrumentos legais tem se mostrado importante para a conservação dos recursos naturais em diferentes países, com destaque para Dinamarca, Noruega, Finlândia, Itália, Reino Unido, Espanha e Portugal (Cavalcante; Mendes, 2008; Almeida; Bassoli, 2011). A tributação ambiental pode ser usada para gerar recursos financeiros destinado a custear serviços públicos de caráter ambiental e/ou como uma iniciativa para orientar o comportamento dos contribuintes para promover a conservação dos recursos naturais (Mansano, 2010).

Um dos principais exemplos de tributo ambiental em uso no Brasil é o ICMS Ecológico, o qual pode ser definido como um instrumento de compensação financeira, dada por parte dos estados, aos municípios que promovem ações de conservação do meio ambiente (Ring, 2008; Hupffer et al., 2011; Sousa et al., 2011). Alguns pesquisadores consideram, para fins de definição de ICMS Ecológico, além da compensação financeira por medidas de conservação ambiental, também aquelas que promovem a melhoria da qualidade de vida humana, o que faz com que este instrumento legal também seja conhecido como ICMS Socioambiental (Coutinho et al., 2002, Silva Júnior; Sobral, 2014; Moura, 2015).

O ICMS Ecológico já foi premiado por diversas organizações nacionais e internacionais. Foi considerado pela União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais como uma das sete experiências exitosas para a conservação da biodiversidade na América Latina e no Caribe, pós Conferência Rio 92. A Fundação Getúlio Vargas, por sua vez, avalia o ICMS Ecológico como uma das cem experiências mais importantes em administração pública no Brasil. Além disso, este instrumento legal recebeu da União das Nações Unidas o prêmio *Henry Ford*, destinado a reconhecer ações que promovem a conservação ambiental (The Nature Conservancy, 2014).

Porém, ainda existem muitos obstáculos para tornar o ICMS Ecológico uma política eficiente em território nacional. Alguns estados enfrentam forte oposição política para aumentar a participação de critérios socioambientais no repasse de ICMS, devido à pressão de municípios que temem perdas financeiras com a diminuição da participação de critérios econômicos (Nadir Júnior et al., 2007). Além disso, em alguns estados tem sido observado o desconhecimento deste instrumento legal por parte dos gestores municipais, o que faz que estes não promovam ações socioambientais com vistas à captação por esta fonte (Oliveira; Murer, 2010). Deste modo, o objetivo deste capítulo foi analisar o estágio de implementação da lei de ICMS Ecológico no Brasil, bem como seus desafios e oportunidades.

3.2 Tributação ambiental

A Conferência das Organizações das Nações Unidas (ONU) para o Meio Ambiente, ocorrida em Estocolmo, em 1972, foi a primeira conferência global voltada para o meio ambiente, sendo decisiva para o surgimento de ecopolíticas em todo mundo. Nesta conferência, foram definidos diversos princípios para orientar os governos quanto à conservação ambiental, dentre eles que o homem tem responsabilidade especial de preservar e administrar o patrimônio da flora e da fauna silvestres e seu habitat (ONU, 1972).

Em 1987, a expressão desenvolvimento sustentável foi primeiramente conceituada e empregada em um encontro da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, como sendo aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades (ONU, 1987). Este conceito passou então a possuir grande reconhecimento em todo mundo, estando em posição central nas discussões sobre crescimento econômico e conservação ambiental (Lima, 2013).

As primeiras políticas ambientais brasileiras foram formuladas na década de 1970 e foram delineadas com base em diretrizes internacionais da época, as quais estavam baseadas em princípios como descentralização da responsabilidade ambiental, participação social na tomada de decisão e institucionalização de processos gerenciais integrados e dinâmicos. Estes

princípios foram concebidos por meio da percepção da falência dos modelos tradicionais de desenvolvimento econômico e suas influências negativas sobre a sociedade e o meio ambiente (Câmara, 2013).

A Constituição Federal de 1988, em seu artigo 225, dispõe que é direito de todos o meio ambiente ecologicamente equilibrado, tratando-se de bem coletivo e que constitui dever do Estado e de toda coletividade sua preservação. No artigo 23, fica definido que o meio ambiente é competência material comum entre União, estados e municípios, que devem legislar em consonância com a proteção ambiental em qualquer de suas formas. Complementarmente, no artigo 170, fica assegurado o direito de atuação do governo na economia como agente normativo e regulador, de modo a promover o desenvolvimento econômico, com observância a qualidade de vida humana e a conservação do meio ambiente (Brasil, 1988).

Portanto, a Constituição Federal prevê a interferência do Estado nas atividades econômicas para garantir a conservação dos recursos naturais, a qual pode ser feita por meio da tributação ambiental. O Código Tributário Nacional define tributo como sendo a prestação pecuniária compulsória, em moeda, ou cujo valor nela se possa exprimir, que não constitua sanção de ato ilícito, instituída em lei e cobrada mediante atividade administrativa plenamente vinculada (Brasil, 1966). Portanto, trata-se de uma contribuição obrigatória, não caracterizada como multa, e de cobrança não discricionário, ou seja, não há liberdade de decisão sobre conveniência e oportunidade (Martins, 2009).

Quanto à incidência, os tributos podem ser classificados como vinculados ou não vinculados. Nos tributos vinculados, o fato gerador é uma atividade estatal específica relativa ao contribuinte, a exemplo das taxas. Os recursos devem ser aplicados para que aquela finalidade possa ser administrativamente executada. Em contraste, nos tributos não vinculados, o fato gerador é uma situação independente de qualquer atividade estatal específica relativa ao contribuinte, como os impostos. Neste caso, os recursos podem ser utilizados com quaisquer despesas previstas no orçamento governamental (Gonçalves et al., 2012).

Os tributos ambientais podem apresentar função indutora, distribuidora ou restauradora. No primeiro caso, tem-se como finalidade induzir comportamentos ambientalmente adequados e/ou premiar condutas mais

favoráveis (internalização das externalidades positivas), enquanto que no segundo caso visa-se redistribuir os custos ambientais das atividades causadores de danos (internalização das externalidades negativas). No terceiro caso, por sua vez, tem como função restaurar danos ambientais específicos já ocorridos (Cavalcante, 2012). No Quadro 3.1 são apresentados alguns tributos ambientais em uso no Brasil.

Quadro 3.1. Exemplos de tributos ambientais em uso no Brasil

Tributo ambiental	Propósito
Cobrança pelo uso da água em bacias hidrográficas por volume e conteúdo poluente	Financiamento de bacias hidrográficas e de incentivo ao uso racional de recursos hídricos
Tarifa de esgoto industrial baseada no conteúdo de poluentes	Recuperação de custos de estações de tratamento de esgoto
Imposto da poluição do ar e poluição hídrica	Financiamento do órgão estadual competente
Compensação financeira devido à exploração dos recursos naturais	Compensação de municípios e estados onde se realiza a produção e onde se encontram as agências de regulação
Compensação fiscal por áreas de preservação	Compensação de municípios para restrição de uso do solo em áreas de mananciais e de preservação florestal
Imposto por desmatamento	Financiamento de projetos de reflorestamento público e atividade do serviço florestal
ICMS Ecológico	Compensação de municípios que promovem ações socioambientais

Fonte: Mansano (2010).

3.3 ICMS Ecológico

A Constituição Federal estabelece as regras de distribuição de impostos em território nacional, incluindo o Imposto Sobre a Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS). De acordo com seu artigo 158, do total arrecadado com o ICMS, 75% pertencem aos estados e 25% aos municípios. Ainda segundo este artigo, a parcela do ICMS pertencente aos municípios deve ser repartida da seguinte forma: i) três quartos, no mínimo, proporcional ao Valor Adicionado Fiscal (VAF) de cada município; e ii) um quarto, no máximo, conforme disposto em legislação estadual (Brasil, 1988). O

VAF é um indicador econômico-contábil e corresponde ao valor das operações relativas à circulação de mercadorias e prestação de serviços de transportes interestaduais e intermunicipais e de comunicação realizadas em cada município, durante um determinado ano civil. Na Figura 3.1, é apresentado um esquema do rateio do ICMS entre estados e municípios.

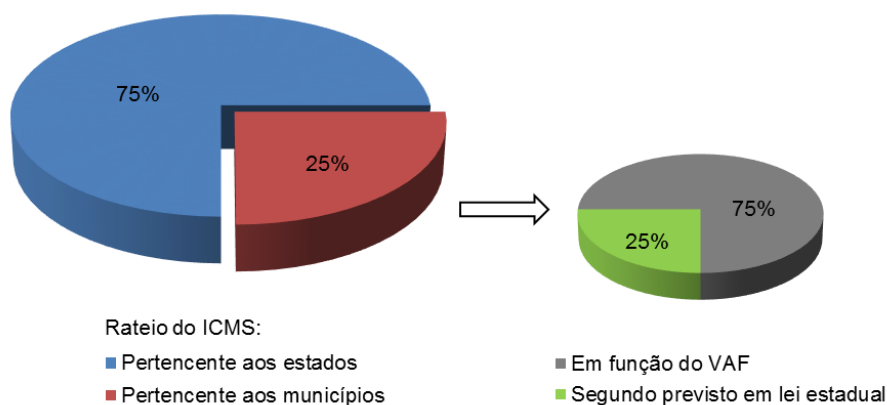


Figura 3.1. Rateio do ICMS entre estados e municípios. Fonte: Brasil (1988).

Deste modo, o ICMS Ecológico diz respeito a parte do ICMS repassado com base em critérios socioambientais, regulamentado por lei estadual e que pode representar até 25% do ICMS destinado aos municípios, equivalente à 6,25% de todo o ICMS arrecadado pelo estado.

Paraná foi o primeiro estado a aprovar o ICMS Ecológico, em 1991, utilizando como critérios para repasse de recursos aos municípios “Unidades de conservação ambiental” e “Proteção de mananciais” (Paraná, 1991). São Paulo lançou sua lei dois anos depois, contemplando os parâmetros “Unidades de conservação ambiental” e “Área inundada para geração de energia elétrica” (São Paulo, 1993). No ano seguinte, foi a vez de Mato Grosso do Sul, o qual considerou o critério “Unidades de conservação ambiental” para fins de distribuição de ICMS (Mato Grosso do Sul, 1994). Em 1995, Minas Gerais promulgou sua lei com base em diversos critérios socioambientais, entre eles “Unidades de Conservação”, “Sistemas de tratamento ou disposição final de resíduos sólidos ou de esgoto sanitário”, “Educação” e “Saúde” (Minas Gerais, 1995).

O ICMS Ecológico tem sido importante para promover a conservação do meio ambiente e a melhoria da qualidade de vida humana em algumas

unidades federativas. No Paraná, entre os anos de 1991 e 2010, a área de Unidades de Conservação quase que triplicou, devido principalmente a ações promovidas pelo poder público municipal (Sauquet et al., 2014). Em Minas Gerais, no período de 1997 a 2007, a extensão das Áreas de Proteção Ambiental mais que quadruplicou e, assim como no Paraná, também devido em grande parte à atuação das prefeituras (Fernandes, 2011). Nos estados que fazem parte da Amazônia Legal, o ICMS Ecológico tem promovido a preservação deste relevante território nacional, quanto a sua riqueza de biodiversidade e de recursos hídricos (Araújo et al., 2013).

Ainda no estado de Minas Gerais, o ICMS Ecológico tem promovido o aumento da implantação de obras de saneamento básico, principalmente de aterros sanitários, estações de tratamento de esgoto e unidades de tratamento de resíduos sólidos urbanos, incluindo usinas de reciclagem e compostagem. A participação de municípios que arrecadavam ICMS por meio do subcritério “Sistemas de tratamento ou disposição final de resíduos sólidos ou de esgoto sanitário”, que compõem o critério ambiental da lei mineira de ICMS Ecológico, quase que triplicou no período de 2000 a 2014 (Prado Filho; Sobreira, 2007).

Em relação aos impactos do ICMS Ecológico na área social, no estado do Ceará, desde sua promulgação em 2007, este instrumento legal tem sido importante para melhorar a qualidade da educação (Petterini; Irffi, 2013), enquanto que em Pernambuco ele tem sido importante para melhorar a saúde, especialmente quanto as ao combate à mortalidade infantil (Silva Júnior; Sobral, 2014). Em Minas Gerais, o ICMS Ecológico contribuiu de forma substancial para a descentralização de recursos financeiros no estado, sendo responsável por até 40% da arrecadação total de alguns municípios (Monte; Silva, 2009).

Uma questão observada é que alguns estados houve maior interesse dos municípios em promover ações para captação de recursos nos primeiros anos após o lançamento do ICMS Ecológico, havendo menor interesse por parte das prefeituras nos anos mais recentes. A exemplo, no Paraná, primeiro estado a propor o ICMS Ecológico, de 1991 a 1996, houve um crescimento de cerca de 25% ao ano das Unidades de conservação ambiental, enquanto que de 1996 a 2010, o crescimento foi menor que 1% ao ano (Sauquet et al., 2014). Em Minas Gerais, de 1997 a 2005 houve crescimento contínuo das áreas de

proteção ambiental, enquanto que 2005 a 2007, ocorreu um decréscimo de tais áreas (Fernandes, 2011). Portanto, é importante que as leis de ICMS Ecológico sejam periodicamente atualizadas para torná-las mais restritivas, de modo a incentivar os municípios a estarem sempre aprimorando suas ações para fins de recebimento de recursos por esta fonte.

Atualmente, 18 das 26 unidades federativas possuem lei de ICMS Ecológico, como pode ser visto na Figura 3.2.

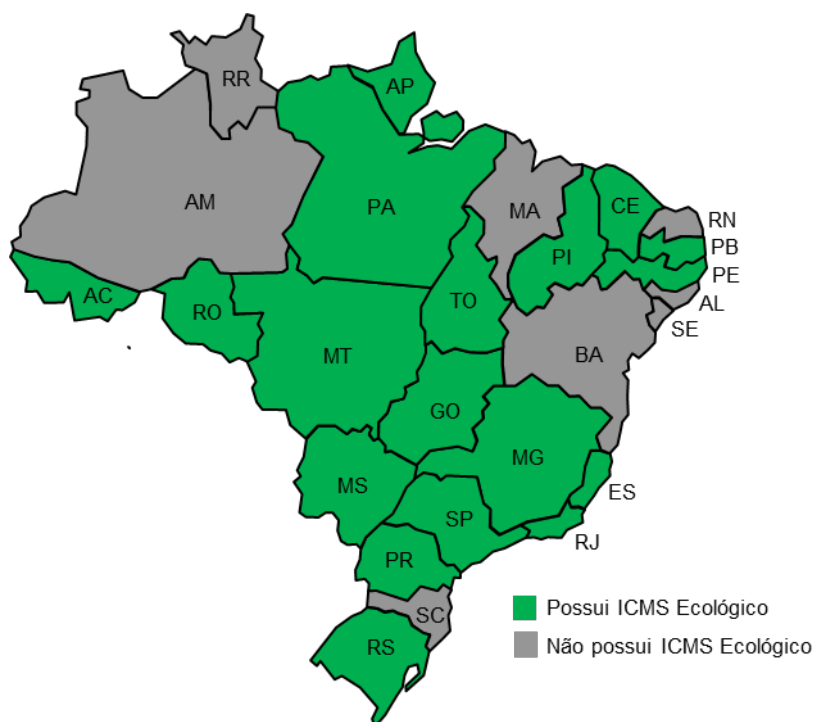


Figura 3.2 Situação das unidades federativas brasileiras quanto a existentes do ICMS Ecológico.

Fonte: Acre (2004), Alagoas (2008), Amapá (1996), Amazonas (2002), Bahia (1997), Ceará (2007), Espírito Santo (1997), Goiás (2011), Maranhão (1992), Mato Grosso (2004), Mato Grosso do Sul (2011), Minas Gerais (2009), Pará (2012); Paraíba (2011), Paraná (1991), Pernambuco (2003), Piauí (2008), Rio De Janeiro (2007), Rio Grande do Norte (2009), Rio Grande do Sul (1997), Rondônia (1996), Roraima (1993), Santa Catarina (1989), São Paulo (1993), Sergipe (2008), Tocantins (2002).

A maioria dos estados que ainda não possuem ICMS Ecológico tem movidos esforços para a criação de leis a respeito do assunto. Em Amazonas, Maranhão, Rio Grande do Norte e Santa Catarina há projetos de lei em discussão nas suas respectivas assembleias legislativas estaduais. Alagoas e Sergipe, por sua vez, possuem grupos de trabalho que tem discutido a elaboração de projetos de lei sobre ICMS Ecológico. Na Bahia, o governo está

realizando esforços para compor grupos de trabalho voltados à questão, enquanto que Roraima não iniciou o debate a respeito do ICMS Ecológico (The Nature Conservancy, 2016). Nos estados que já possuem legislação sobre ICMS Ecológico, mais de vinte critérios socioambientais têm sido empregados para repasse de recursos, os principais são apresentados na Quadro 3.2.

Quadro 3.2 Critérios socioambientais adotados para repasse de ICMS em diferentes unidades federativas brasileiras

Critérios	Unidades federativas
Unidades de conservação ambiental	AC, AP, GO, MT, MS, MG, PA, PB, PE, PI, PR, RJ, RO, RS, SP, TO
Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos	CE, GO, MS, PB, PE, PI, RJ
Saneamento básico	ES, TO
Combate e redução do desmatamento	GO, PI
Combate e redução do risco de queimadas	GO, TO
Programas de conservação do solo	GO, TO
Programas de conservação da biodiversidade	GO, PI
Programas de conservação da água	GO, PI, RJ, TO
Proteção de mananciais de abastecimento	GO, PI, PR, PI
Mitigação de poluição atmosférica, sonora e visual	GO, PI
Adequação de edifícios irregulares quanto ao uso do solo	GO, PI
Educação ambiental	GO, PI
Número de propriedades rurais	ES, PR, RS
Produção agropecuária/de alimentos	MG, PR, RO
Comercialização agropecuária	ES
Área cultivada	AP, SP
Política municipal de meio ambiente	GO, PI, TO
Municípios com área alagada para geração de energia hidrelétrica	MG, RS, SP
Educação	CE, AP, MG, PE
Saúde	AP, CE, ES, MG, PE
Patrimônio cultural	AP, MG
Turismo	MG
Esportes	MG

Fonte: Acre (2004); Amapá (1996); Ceará (2007); Espírito Santo (1997); Goiás (2011); Mato Grosso (2004); Mato Grosso do Sul (2011); Minas Gerais (2009); Pará (2012); Paraíba (2011); Paraná (1991); Pernambuco (2003); Piauí (2008); Rio de Janeiro (2007); Rio Grande do Sul (1997); Rondônia (1996); São Paulo (1993); Tocantins (2002).

Existe um grande número de critérios socioambientais em uso para repasse de ICMS aos municípios, entretanto, estes critérios estão

heterogeneamente distribuídos, havendo uma média nacional de quatro critérios desta natureza por estado. Enquanto alguns estados adotam apenas um critério, como Ceará e Pará, outros adotam quase dez, casos de Minas Gerais, Goiás e Piauí. Quanto à participação de critérios socioambientais nas leis de ICMS, foi observada uma média nacional de 12%, de um de máximo de 25% que pode ser repassado por critérios desta natureza - uma vez que, no mínimo, 75% devem ser repassados com base no Valor Adicionado Fiscal, conforme disposto na Constituição Federal. Os estados que apresentam maior participação do ICMS Ecológico são Acre, Tocantins e Paraíba. Ressalta-se que é importante que haja um equilíbrio entre número de critérios e participação dos mesmos, de modo a não beneficiar certos aspectos socioambientais em detrimento de outros.

O critério mais empregado nas leis de ICMS Ecológico no Brasil é “Unidades de conservação ambiental”. Como este termo é bastante abrangente, cada lei especifica quais categorias de unidades de conservação estão previstas para fins de repasse de ICMS Ecológico. O Ministério de Meio Ambiente considera como parte do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza as categorias (SNUC) as seguintes categorias: Estação Ecológica; Reserva Biológica; Parque Nacional; Monumento Natural; Refúgio de Vida Silvestre; Área de Proteção Ambiental; Área de Relevante Interesse Ecológico; Floresta Nacional; Reserva Extrativista; Reserva de Fauna; Reserva de Desenvolvimento Sustentável; e Reserva Particular do Patrimônio Natural (Brasil, 2000). Alguns estados empregam estas categorias em suas leis de ICMS Ecológico, enquanto outros também levam em consideração categorias previstas em seus Sistemas Estaduais de Unidades de Conservação, que podem incluir categorias específicas, como áreas ocupadas por populações indígenas e quilombolas.

O critério “Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos” também tem sido bastante considerado para distribuição de ICMS em diferentes estados brasileiros. Alguns estados, contudo, preferem usar o termo “Saneamento básico” em suas leis, o qual pode incluir, além do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, sistemas de abastecimento de água, de esgotamento sanitário e de drenagem de águas pluviais. O estado de Minas Gerais, por sua vez, emprega o subcritério ambiental “Sistemas de tratamento e disposição final de

lixo e sistemas de esgoto sanitário”. Portanto, uma diretriz mais ampla que os estados que consideram o critério “Gerenciamento de Resíduos Sólidos” e mais restrita que os que contemplam “Saneamento Básico”.

Critérios de incentivo a conservação da água também têm sido bastante usados para repasse de ICMS Ecológico, representados principalmente por “Programas de conservação da água” e “Programas de proteção de mananciais de abastecimento”. Do ponto de vista técnico, se poderia usar apenas o primeiro deles, uma vez que proteção de mananciais é uma medida de conservação da água. Os estados que optam em usar estes dois critérios, possivelmente, têm como objetivo promover de forma mais efetiva a conservação deste importante recurso natural.

Critérios relacionados às atividades agropecuárias também têm sido muito empregados para fins de rateio de ICMS Ecológico. O uso da terra em pequenas propriedades é interessante por promover o plantio de diferentes culturas, o que é benéfico para a conservação do solo e água, comparado aos sistemas de monocultura, típicos em grandes propriedades. Além disso, o uso da terra em pequenas propriedades contribui para gerar renda e empregos no meio rural, diminuindo a pobreza e o conseqüente êxodo de parte desta população para os centros urbanos. Portanto, é importante que as leis de ICMS Ecológico considerem métodos de cálculos que beneficiem as pequenas propriedades e a produção advinda das mesmas, uma vez estas apresentam menos impactos socioambientais, comparada às grandes propriedades.

Outro critério ambiental em uso nas leis de ICMS Ecológico é o “Política municipal de meio ambiente”. No estado de Goiás, por exemplo, para se ter direito ao recebimento de recursos por este critério, o município deve elaborar uma política municipal de meio ambiente, observando-se peculiaridades locais e respeitando-se as legislações federal e estadual sobre o assunto, além de criar um Conselho Municipal do Meio Ambiente e um Fundo Municipal do Meio Ambiente.

Algumas unidades federativas, entretanto, preferem utilizar parâmetros desta natureza, não como um critério em si, mas como pré-requisito para recebimento de ICMS Ecológico. Nos estados do Acre e Rio de Janeiro, por exemplo, para que os municípios possam ter direito ao repasse de recursos pelo ICMS Ecológico, os mesmos devem ter um Sistema Municipal de Meio

Ambiente, composto por Conselho Municipal de Meio Ambiente, Fundo Municipal de Meio Ambiente e Órgão Administrativo Executor. Ressalta-se que a exigência de uma estrutura gestora como pré-requisito tem potencial de promover um melhor planejamento e execução das ações por parte das prefeituras, com conseqüente aumento de arrecadação de ICMS Ecológico e de benefícios ao meio ambiente e à população.

Quanto aos critérios sociais adotados nas leis de ICMS Ecológico no Brasil, destacam-se “Educação”, “Saúde”, “Patrimônio Cultural”, “Turismo” e “Esportes”. Além destes, existem outros critérios que tem como finalidade beneficiar municípios que recebem menor parcela de ICMS, o que os tornam indiretamente de caráter social. Os critérios “ICMS Solidário” e o “Mínimo per capita”, em uso em Minas Gerais, permitem repassar parte do ICMS aos municípios que apresentam menor arrecadação de ICMS, o primeiro deles destinado à municípios com repasse de ICMS *per capita* à inferior à média do estado acrescida de 40% e o segundo, à municípios com repasse de ICMS *per capita* à inferior 1/3 da média do estado. No estado do Rio Grande do Sul tem disso considerado o critério “VAF inverso”, pelo qual municípios que possuem menor arrecadação de ICMS *per capita* pelo critério “Valor Adicionado Fiscal” são beneficiados.

Para completar os 25% do ICMS que pode ser repassado aos municípios conforme lei estadual, além dos critérios socioambientais citados anteriormente, “População”, “Área” e “Cota mínima” tem sido bastante empregados, sendo considerados por, respectivamente, 15; 16; e 18 unidades federativas brasileiras. O critério “Cota mínima” diz respeito a divisão igualitária de parte do ICMS entre todos os municípios do estado. Estes critérios estão entre os primeiros considerados para disciplinar o rateio de ICMS entre os municípios e ainda possuem grande participação em estados que não possuem ICMS Ecológico.

Outra observação importante é que alguns estados ainda destinam mais de 75% do ICMS com base no Valor Adicionado Fiscal, ou seja, mais que o mínimo exigido na Constituição Federal. Portanto, parte do ICMS que poderia ser rateado de acordo com critérios ambientais ou sociais é repassada por um critério puramente econômico. É importante que estes estados modifiquem suas leis para reduzir a participação do VAF ao seu mínimo possível, que já é

uma parte significativa do ICMS. Para reduzir os impactos da redução deste critério sobre a arrecadação dos municípios, uma alternativa empregada por alguns estados é sua redução progressiva durante um período de tempo pré-determinado. Por exemplo, uma lei que prevê uma participação de 78% deste critério, poderia reduzir sua participação à 75% em três anos consecutivos, diminuindo-se 1% por ano.

Portanto, há muita abertura para o ICMS Ecológico no Brasil, incluindo a expansão do uso de critérios já existentes em um número maior de estados e a formulação de novos critérios, com base em peculiaridades e metas de planejamento de cada estado. Quanto as matérias que poderiam ser melhorar exploradas pelo ICMS Ecológico, está a energia. Existe apenas um critério desta natureza em uso para repasse de ICMS no país, que diz respeito à compensação financeira de municípios que possuem áreas alagadas para geração de energia hidrelétrica. Apesar deste critério ter sido um dos primeiros a serem formulados, em 1993, não se difundiu como outros criados na mesma época, como “Unidades de conservação ambiental”. Além da energia hidráulica, outras fontes renováveis poderiam ser incentivadas por meio deste instrumento legal, bem como medidas de eficiência energética, as quais são tão importantes quanto o uso de fontes renováveis para a conservação do meio ambiente.

Além da diversificação das leis de ICMS Ecológico, é necessário aumentar a informação dos gestores municipais quanto a este instrumento legal. Isto poderia ser conseguido por meio de iniciativas do governo estadual, por meio do oferecimento de cursos de capacitação à prefeituras, e estas, por sua vez, poderiam procurar ajuda especializada para aumentar suas receitas por esta fonte. A exemplo, o estado de Minas Gerais possui um programa de capacitação em gestão pública intitulado “Programa Mineiro de Empreendedorismo e Gestão para Resultados Municipais”, pelo qual o poder estadual promove a capacitação de servidores municipais em assuntos considerados prioritários, por meio de plataforma de Ensino a Distância e treinamento no ambiente de trabalho. Iniciativas desta natureza poderiam ser utilizadas como base para promover a capacitação das prefeituras quanto ao ICMS Ecológico.

3.4 Conclusão

Foi verificado que atualmente 18 unidades federativas brasileiras possuem lei de ICMS Ecológico, estando fora deste grupo Amazonas, Alagoas, Bahia, Maranhão, Rio Grande do Norte, Roraima, Santa Catarina e Sergipe. Existem mais de 20 critérios socioambientais em uso para repasse de ICMS aos municípios nos diferentes estados, sendo os empregados: “Unidades de conservação ambiental”; “Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos”; “Programas de conservação da água”; “Produção agropecuária”; “Educação” e “Saúde”.

Apesar do grande número de critérios existentes, eles estão heterogeneamente distribuídos, havendo uma média de 4 critérios socioambientais por estado, com participação média de 12%, dos 25% do ICMS que podem ser repassados aos municípios conforme disposição estadual, uma vez que o Valor Adicionado Fiscal deve possuir participação mínima de 75%. Portanto, é importante que seja reduzido do Valor Adicionado Fiscal para seu mínimo obrigatório e de outros critérios que não possuem caráter socioambiental, para aumentar a participação de critérios que incentivam as prefeituras a realizar ações que promovam a conservação do meio ambiente e a qualidade de vida da população.

Há muita abertura para se expandir o uso de critérios existentes nas leis de ICMS Ecológico em diferentes estados, bem como para a criação de novos. O poder estadual pode criar ou atualizar suas leis de ICMS Ecológico com base em critérios em uso em outras unidades federativas ou formular novos critérios, com base em peculiaridades estaduais. Além disso, para aumentar os resultados positivos do ICMS Ecológico em território nacional, é necessário aumentar a informação dos gestores municipais quanto a este instrumento legal. Isto pode ser feito por meio de iniciativas do governo estadual, por meio do oferecimento de cursos de capacitação às prefeituras, e estas, por sua vez, poderiam procurar ajuda especializada para aumentar suas receitas por esta fonte.

3.5 Referências bibliográficas

Acre. Lei n.º 1.530, de 22 de janeiro de 2004. Institui o ICMS Verde, destinando cinco por cento da arrecadação deste tributo para os municípios com unidades de conservação ambiental. Rio Branco: **Diário Oficial do Estado do Acre**, 2004.

Alagoas. Lei nº 7.011, de 29 de dezembro de 2008. Dispõe sobre a alteração do § 2º, do art. 1º, da lei nº 5.981, de 19 de dezembro de 1997, que consolida os critérios de apuração, define os prazos de entrega das parcelas do produto da arrecadação dos impostos que menciona e das transferências, asseguradas aos municípios alagoanos, e adota outras providências. Maceió: **Diário Oficial do Estado de Alagoas**, 2008.

Almeida, I. F.; Bassoli, M. K. Intervenção do estado sobre o domínio econômico por meio da extrafiscalidade em prol da segurança ambiental. **Revista de Direito Público**, Londrina, v. 6, p. 247-268, 2011.

Amapá. Lei n.º 322, de 23 de dezembro de 1996. Dispõe sobre a distribuição da parcela da receita do produto da arrecadação dos impostos estaduais conforme disposições contidas no artigo 158 da Constituição Federal e Lei Complementar Federal n.º 63/90, e dá outras providências. Macapá: **Diário Oficial do Estado do Amapá**, 1996.

Amazonas. Lei nº 2.749, de 16 de setembro de 2002. Dispõe sobre os critérios para o crédito das parcelas do produto da arrecadação dos impostos do Estado pertencentes aos Municípios, e dá outras providências. Manaus: **Diário Oficial do Estado do Amazonas**, 2002.

Araújo, M. R. N.; Silva, M. A. R.; Rodrigues, W. O ICMS-E nos estados da Amazônia: um instrumento de incentivo ao desenvolvimento sustentável? **Novos Cadernos NAEA**, v. 16, p. 23-42, 2013.

Bahia. Lei Complementar nº 13 de 30 de dezembro de 1997. Regulamenta o inciso II, do artigo 153, da Constituição do Estado. Salvador: **Diário Oficial do Estado da Bahia**, 1997.

Brasil. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 5 de outubro de 1988. Contém as emendas constitucionais posteriores. Brasília: Senado, 1988.

Brasil. Lei n.º 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2000.

Brasil. Lei nº 5.172, de 25 de outubro de 1966. Lei nº 5.172, de 25 de outubro de 1966. Brasília: **Diário Oficial da União**, 1966.

Câmara, J. B. D. Governança Ambiental no Brasil: Ecos do Passado. **Revista de Sociologia e Política**, v. 21, p. 125-146, 2013.

Cavalcante, D. L., Mendes, A. S. V. Constituição, Direito Tributário e Meio Ambiente. **Revista Nomos**, v. 28.2, p. 29-40, 2008.

Cavalcante, D. L. Tributação Ambiental: por uma Remodelação Ecológica dos Tributos. **Revista Nomos**, v. 32, p. 101-115, 2012

Ceará. Lei n.º 14.023, de 17 de dezembro de 2007. Modifica dispositivos da Lei n.º 12.612, de 7 de agosto de 1996, que define critérios para distribuição da parcela de receita do produto e arrecadação do ICMS, pertencente aos municípios e dá outras providências. Fortaleza: **Diário Oficial do Estado do Ceará**, 2007.

Coutinho, J. H. F. M.; Noya, A. C. B. G.; Nóbrega, T. L. Instrumentos jurídico-econômicos e preservação do meio ambiente: um enfoque no ICMS Sócio-Ambiental. **Revista de Informação Legislativa**, v. 39, 189-201, 2002.

Espírito Santo. Lei nº 5.399, de 25 de junho de 1997. Dá nova redação à alínea "d", do inciso II, da Lei Nº 4.288, de 29 de novembro de 1989, com a nova redação dada pela Lei Nº 5.344, de 20 de dezembro de 1996. Vitória: **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**, 1997.

Fernandes, L. L.; Coelho, A. B.; Fernandes, E. A.; Lima, J. E. Compensação e incentivo à proteção ambiental: o caso do ICMS ecológico em Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 49, p. 521-544, 2011.

Goiás. Lei Complementar n.º 90, de 22 de dezembro de 2011. Regulamenta o disposto no inciso III do § 1.º do artigo 107 da Constituição Estadual, acrescido pela Emenda Constitucional n.º 40, de 30 de maio de 2007, e dá outras providências. Goiânia: **Diário Oficial do Estado de Goiás**, 2011.

Gonçalves, M.; Darossi, M.; Carpena, G. O direito tributário ambiental e suas implicações no mundo jurídico. **Revista da UNIFEBE**, v. 10, p. 9-22, 2012.

Hupffer, H. M.; Weyermüller, A. R.; Waclawovsky, W. G. Uma análise sistêmica do princípio do protetor -recedor na institucionalização de programas de compensação por serviços ambientais. **Ambiente & Sociedade**, v. 14, p. 95-114, 2011.

Lima, L. A. Tributação Ambiental. **Revista de Direito da Cidade**, v. 4, p. 120-155, 2013.

Mansano, J. A. tributação ambiental como instrumento de desenvolvimento econômico sustentável. **Revista Espaço Acadêmico**, v. 10, p. 100-109, 2010.

Maranhão. Lei estadual nº 5.599 de 24 de dezembro de 1992. Dispõe sobre a distribuição das parcelas do ICMS, pertencentes aos Municípios, e dá outras providências. São Luís: **Diário Oficial do Estado do Maranhão**, 1992.

Martins, A. C. G. Tributo e sua Utilização como Instrumento de Proteção Ambiental. **Revista da FARN**, v. 8, p. 203-225, 2009.

Mato Grosso. Lei Complementar n.º 157, de 20 de janeiro de 2004. Estabelece normas relativas ao cálculo dos Índices de Participação dos Municípios do Estado de Mato Grosso no produto da arrecadação do ICMS, e dá outras providências. Cuiabá: **Diário Oficial do Estado do Mato Grosso**, 2004.

Mato Grosso do Sul. Lei Complementar n.º 077, de 7 de dezembro de 1994. Altera a redação de dispositivo da Lei Complementar n.º 57, de 4 de janeiro de 1991, e dá outras providências. Campo Grande: **Diário Oficial do Estado do Mato Grosso do Sul**, 1994.

Mato Grosso do Sul. Lei complementar nº 159, de 26 de dezembro de 2011. Dá nova redação à alínea “f” do inciso III do art. 1º da Lei Complementar nº 57, de 4 de janeiro de 1991. Campo Grande: **Diário Oficial do Estado do Mato Grosso do Sul**, 2011.

Minas Gerais. Lei n.º 12.040 de dezembro de 1995. Dispõe sobre a distribuição da parcela de receita do produto da arrecadação do ICMS pertencente aos Municípios, de que trata o inciso II do parágrafo único do artigo 158 da

Constituição Federal, e dá outras providências. Belo Horizonte: **Diário Oficial do Estado de Minas Gerais**, 1995.

Minas Gerais. Lei 20.922, de 17 de outubro de 2009. Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado. Belo Horizonte: **Diário Oficial do Estado de Minas Gerais**, 2009.

Monte, M. A.; Silva, M. L. Análise do repasse do ICMS Ecológico de Minas Gerais aos Municípios de Minas Gerais. **Cerne**, v. 15, n. 4, p. 391-397, 2009.

Moura, A. S. Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços Socioambiental: incentivos institucionais e legislação ambiental no Brasil. **Revista De Administração Pública**, v. 49, 165-187, 2015.

Nadir Júnior, A. M.; Salm, J. F.; Menegasso, M. E. Estratégias e ações para a implementação do ICMS ecológico por meio da co-produção do bem público. **Revista de Negócios**, v. 12, p. 62-73, 2007.

Oliveira, T. V. O; Murer, Y. C. O ICMS Ecológico e a implementação de políticas públicas ambientais no Estado de Rondônia. **Revista de Direito Público**, v. 5, p. 185-216, 2010.

ONU - União das Nações Unidas. Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Relatório Nosso Futuro Comum**, 1987.

ONU - União das Nações Unidas. Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano. **Declaração de Estocolmo**. Suécia, Estocolmo, de 5 a 16 de junho de 1972.

Pará. Lei nº 7.638, de 12 julho de 2012. Dispõe sobre o tratamento especial de que trata o § 2º do art. 225 da Constituição do Estado do Pará. Belém: **Diário Oficial do Estado do Pará**, 2012.

Paraíba. Lei n.º 9.600, de 21 de dezembro de 2011. Disciplina a participação dos municípios na arrecadação do Imposto sobre Circulação de Mercadorias – ICMS, mediante repasse ecológico, e dá outras providências. João Pessoa: **Diário Oficial do Estado da Paraíba**, 2011.

Paraná. Lei Complementar n.º 59, de 1.º de outubro de 1991. Dispõe sobre a repartição de 5% do ICMS, a que alude o art. 2.º da Lei nº. 9.491/90, aos municípios com mananciais de abastecimento e unidades de conservação

ambiental, assim como adota outras providências. Curitiba: **Diário Oficial do Estado do Paraná**, 1991.

Pernambuco. Lei n.º 12.432, de 29 de setembro de 2003. Ajusta os critérios de distribuição de parte do ICMS que cabe aos Municípios, nos termos do art. 2.º, da Lei n.º 10.489, de 2 de outubro de 1990, com a redação da Lei n.º 11.899, de 21 de dezembro de 2000, e da Lei n.º 12.206, de 20 de maio de 2002. João Pessoa: Recife: **Diário Oficial do Estado de Pernambuco**, 2003.

Petterini, F. C.; Irffi, G. D. Evaluating the impact of a change in the ICMS tax law in the state of Ceará in municipal education and health indicators. **EconomiA**, v. 14. p. 171-184, 2013.

Piauí. Lei n.º 5.813, de 3 de dezembro de 2008. Cria o ICMS ecológico para beneficiar municípios que se destaquem na proteção ao meio ambiente e dá outras providências. Teresina: **Diário Oficial do Estado do Piauí**, 2008.

Prado Filho; J. F.; Sobreira, F. G. Desempenho operacional e ambiental de unidades de reciclagem e disposição final de resíduos sólidos domésticos financiadas pelo ICMS Ecológico de Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, p. 52-61, 2007.

Ring, I. Integrating local ecological services into intergovernmental fiscal transfers: The case of the ecological ICMS in Brazil. **Land Use Policy**, v. 25, p. 485-497, 2008.

Rio de Janeiro. Lei n.º 5.100 de 4 de outubro de 2007. Altera a Lei n.º 2.664, de 27 de dezembro de 1996, que trata da repartição aos municípios da parcela de 25% (vinte e cinco por cento) do produto da arrecadação do ICMS, incluindo o critério de conservação ambiental, e dá outras providências. Rio Janeiro: **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**, 2007.

Rio Grande do Norte. Lei nº 9.277, de 30 de dezembro de 2009. Altera a Lei 7.105, de 30 de dezembro de 1997, que dispõe sobre os critérios de distribuição do produto da arrecadação do ICMS (25%) pertencente aos Municípios e dá outras providências. Natal: Aracaju: **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Norte**, 2009.

Rio Grande do Sul. Lei n.º 11.038, de 14 de novembro de 1997. Dispõe sobre a parcela do produto da arrecadação do Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS) pertencente aos municípios. Porto Velho: **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**, 1997.

Rondônia. Lei Complementar n.º 147, de 15 de janeiro de 1996. Altera e acrescenta dispositivos à Lei Complementar n.º 115, de 14 de junho de 1994, e dá outras providências. Porto Velho: **Diário Oficial do Estado de Rondônia**, 1996.

Roraima. Lei n.º 046 de 15 de setembro de 1993. Dispõe sobre os critérios de distribuição do produto da arrecadação do ICMS pertencente aos Municípios e dá outras providências. Boa Vista: **Diário Oficial do Estado de Roraima**, 1993.

Santa Catarina. Lei n.º 7.721, de 6 de setembro de 1989. Dispõe sobre a distribuição do ICMS aos Municípios. Florianópolis: **Diário Oficial do Estado de Santa Catarina**, 1989.

Santos, R.; Antunes, P.; Clemente, P. Fiscal transfers for biodiversity conservation: The Portuguese Local Finances Law. **Land Use Policy**, v. 29, p. 261-273, 2012.

São Paulo. Lei n.º 8.510, de 29 de dezembro de 1993. Altera a Lei n.º 3.201, de 23 de dezembro de 1981, que dispõe sobre a parcela, pertencente aos municípios, do produto da arrecadação do ICMS. São Paulo: **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, 1993.

Sauquet, A.; Marchand, S.; Féres, J. G. Protected areas, local governments, and strategic interactions: The case of the ICMS-Ecológico in the Brazilian state of Paraná. **Ecological Economics**, v. 107, p. 249-258, 2014.

Sergipe. Lei n.º 2800 de 27 de abril de 1990. Dispõe sobre critérios de cálculo da parte referente a $\frac{1}{4}$ (um quarto) do crédito das parcelas do produto da arrecadação do ICMS, pertencentes aos Municípios, dá outras providências. Aracaju: **Diário Oficial do Estado de Sergipe**, 2008.

Silva Júnior; L. H.; Sobral, E. F. M. O ICMS Socioambiental de Pernambuco: Uma Avaliação dos Componentes Socioeconômicos da Política a Partir do Processo de Markov. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 44, p. 189-217, 2014.

Sousa, R. M. C; Nakajima, N. Y.; Oliveira, E. B. ICMS Ecológico: Instrumento de Gestão Ambiental. **Perspectiva**, v. 35, p. 27-43, 2011.

The Nature Conservancy. **ICMS Ecológico**. Disponível em: <<http://www.icmsecologico.org.br>>. Acesso em: 02 de março de 2016.

Tocantins. Lei n.º 1.323, de 4 de abril de 2002. Dispõe sobre os índices que compõem o cálculo da parcela do produto da arrecadação do ICMS pertencente aos Municípios e adota outras providências. Palmas: **Diário Oficial do Estado de Tocantins**, 2002.

4. Proposição de critério de incentivo à energia renovável e eficiência energética para a lei de ICMS Ecológico

Resumo

O ICMS Ecológico é um instrumento legal de compensação financeira em uso no Brasil, pelo qual os estados destinam recursos à municípios que promovem ações de conservação do meio ambiente e melhoria da qualidade de vida. Mais de vinte critérios socioambientais têm sido empregados para repasse de ICMS Ecológico nas diferentes unidades federativas, porém apenas um versa sobre energia, referente à compensação de municípios que possuem áreas alagadas por reservatórios de usinas hidrelétricas. Objetivou-se com este capítulo formular um critério de incentivo ao uso de fontes renováveis de energia e de medidas de eficiência energética para compor a lei de ICMS Ecológico. Como resultado, foi elaborado um critério intitulado “Energia renovável e eficiência energética”, composto por dez subcritérios: i) Pequenas centrais hidrelétricas; ii) Energia solar fotovoltaica; iii) Energia eólica; iv) Usinas termelétricas à biomassa; v) Etanol combustível; vi) Energia solar térmica; vii) Cogeração; viii) Código de obras municipais com diretrizes de eficiência energética; iv) Certificação de eficiência energética de edifícios; e x) Política municipal de conservação de energia. Para cada um dos subcritérios, foram propostos métodos de cálculo e recomendadas fontes de dados estaduais e/ou federais para serem usadas para este fim. Diversos benefícios poderiam ser gerados pela inclusão de um critério de incentivo às fonte renováveis de energia e eficiência energética nas leis de ICMS Ecológico no Brasil, incluindo aumento da independência energética regional, redução das emissões de gases de efeito estufa e aumento da geração de emprego e renda.

Palavras-chaves: políticas públicas, compensação financeira, planejamento energético, conservação de energia, desenvolvimento regional.

4.1 Introdução

A compensação financeira por serviços ecológicos tem sido cada vez mais utilizada para incentivar gestores públicos a promover ações de desenvolvimento socioeconômico, com vistas à conservação do meio ambiente (Kemkes et al., 2010). Instrumentos legais desta natureza têm contribuído para a preservação dos recursos naturais em diversos países, incluindo Dinamarca, Noruega, Finlândia, Itália, Reino Unido, Espanha e Portugal (Cavalcante; Mendes, 2008). Um dos principais exemplos de tributo ambiental em uso no Brasil é o ICMS Ecológico, pelo qual o governo estadual destina recursos à municípios que promovem ações de conservação do meio ambiente e melhoria da qualidade de vida humana (Ring, 2008, Sauquet et al., 2014; Moura, 2015).

A Constituição Federal estabelece as regras de distribuição de impostos em território nacional, incluindo o Imposto Sobre a Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS). De acordo com seu artigo 158, do total arrecadado com o ICMS, 75% pertencem aos estados e 25% aos municípios. Ainda segundo este artigo, a parcela do ICMS pertencente aos municípios deve ser repartida da seguinte forma: i) três quartos, no mínimo, proporcional ao Valor Adicionado Fiscal (VAF) de cada município; e ii) um quarto, no máximo, conforme disposto em legislação estadual (Brasil, 1988).

O ICMS Ecológico foi inicialmente proposto pelo estado do Paraná, em 1991, utilizando como critério “Unidades de conservação ambiental” e “Proteção de mananciais” (Paraná, 1991). São Paulo lançou sua lei dois anos depois, contemplando os parâmetros “Unidades de conservação ambiental” e “Área inundada para geração de energia elétrica” (São Paulo, 1993). No ano seguinte, foi a vez de Mato Grosso do Sul, o qual considerou para fins de repasse de ICMS aos seus municípios o critério “Unidades de conservação ambiental” (Mato Grosso do Sul, 1994). Em 1995, Minas Gerais promulgou sua lei, com os critérios “Unidades de conservação ambiental”; “Sistemas de tratamento e destinação de resíduos sólidos e de esgoto sanitário”; “Educação”; “Saúde”; e “Patrimônio Cultural” (Minas Gerais, 1995).

Experiências bem sucedidas do ICMS Ecológico demonstram a importância deste instrumento legal em diferentes unidades federativas

brasileiras. No Paraná, entre os anos de 1991 e 2010, a área de Unidades de Conservação quase que triplicou, devido principalmente a ações promovidas pelo poder público municipal (Sauquet et al., 2014). Em Minas Gerais, no período de 1997 a 2006, a extensão das Áreas de Proteção Ambiental mais que quadruplicou, assim como no Paraná, também devido em grande parte à atuação das prefeituras (Fernandes, 2011). Além disso, em Minas Gerais, o ICMS Ecológico tem promovido o aumento do número de obras de saneamento básico (Prado Filho; Sobreira, 2007). No estado do Ceará, por sua vez, o ICMS Ecológico tem se mostrado importante para melhorar a qualidade da educação (Petterini; Irffi, 2013). Em Pernambuco, o ICMS Ecológico tem sido importante para melhorar os índices de saúde do estado (Silva Júnior; Sobral, 2014).

O ICMS Ecológico já foi reconhecido por diversas entidades nacionais e internacionais como um instrumento eficiente de incentivo à conservação do meio ambiente. Em 1995, foi considerado pela União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais, como uma das sete experiências exitosas para a conservação da biodiversidade na América Latina e no Caribe, pós Conferência Rio 92. Em 1996, foi considerado pela Fundação Getúlio Vargas como uma das cem experiências mais importantes em administração pública no Brasil. Um ano depois, ganhou o prêmio Henry Ford de Conservação Ambiental, concedido pela União das Nações Unidas (The Nature Conservancy, 2016).

Atualmente, 18 dos 26 estados brasileiros possuem leis de ICMS Ecológico e mais de vinte critérios têm sido considerados para repasse de recursos financeiros. Porém, há apenas um critério que diz respeito ao tema energia, referente a compensação financeira de municípios que possuem áreas inundadas por usinas hidrelétricas, em uso em três estados - Minas Gerais, Rio Grande do Sul e São Paulo. Ressalta-se que este critério foi um dos primeiros critérios a serem formulados, em 1993, porém não se difundiu como outros criados na mesma época, como “Unidades de conservação”, atualmente presente nas leis de ICMS Ecológico de 16 estados brasileiros.

O Brasil tem se destacado por apresentar uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo, no entanto, nos últimos dez anos, houve uma redução da participação de fontes renováveis de energia na matriz nacional, de aproximadamente 5% entre 2005 e 2015 (EPE, 2006; EPE, 2015).

Isto se deve em grande parte à atuação menos efetiva do governo para promover o uso de energias renováveis no país, tanto de fontes tradicionalmente utilizadas no país, como hidráulica e biomassa, quanto de outras fontes, como solar e eólica. Neste contexto, o objetivo deste capítulo foi propor um critério de incentivo às fontes renováveis e medidas de eficiência energética para a lei de ICMS Ecológico no Brasil.

4.2 Potencial de geração por fontes renováveis e de conservação de energia no Brasil

Em 2014, o Brasil apresentou uma oferta interna de energia de 305.589.000 toneladas equivalentes de petróleo (tep), dos quais 39,4% foram gerados por fontes renováveis, com destaque para energia hidráulica e biomassa, como pode ser visto na Figura 4.1.

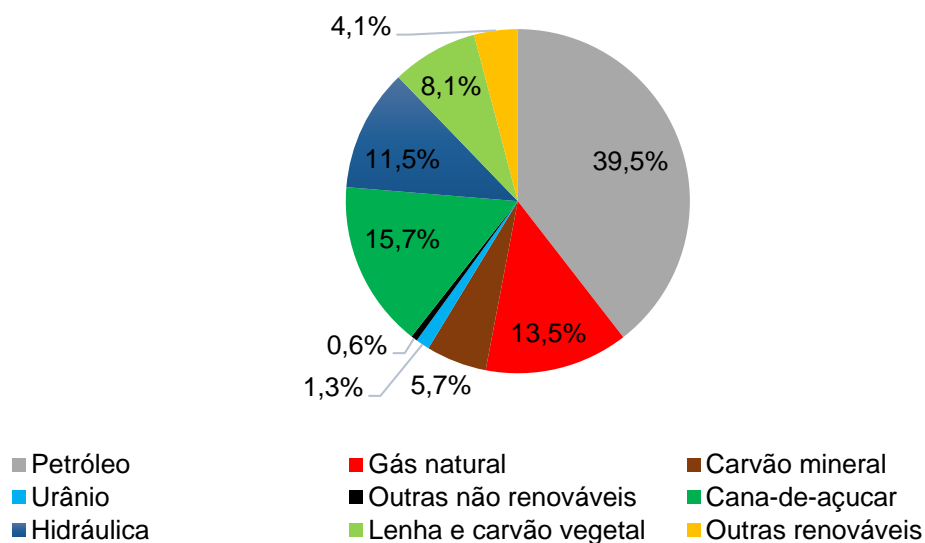


Figura 4.1. Oferta interna de energia primária no Brasil em 2014.
Fonte: (EPE, 2015).

Em 2014, a oferta interna de energia elétrica foi de 624,3 TWh, das quais 74,6% foram gerados por fontes renováveis, com predominância da energia hidráulica (65,2%), seguida pelo gás natural (13,0%), biomassa (7,3%), petróleo (6,9%), carvão mineral (3,2%), nuclear (2,5%) e eólica (2,0%). A geração de energia solar fotovoltaica ainda é muito pequena no país e não entra no balanço da oferta interna de energia elétrica (EPE, 2015). Apesar da predominância de geração de energia elétrica por fonte hidráulica, existe

grande potencial para geração de energia elétrica por outras fontes renováveis, incluindo energia solar, eólica e da biomassa. No Quadro 4.1, é apresentado o potencial de geração de energia elétrica a partir de algumas fontes renováveis no Brasil.

Quadro 4.1. Potencial de geração de energia elétrica por diferentes fontes renováveis no Brasil

Fonte de energia	Potência instalada* (MW)	Potencial total (MW)
Hidráulica, por grandes centrais	89.518	234.000 ¹
Hidráulica, por pequenas centrais	4.861	17.500 ²
Eólica	7.842	143.470 ³
Solar fotovoltaica	25	32.820 ⁴
Biomassa - resíduos urbanos sólidos	78	4.355 ⁵
Biomassa - resíduos agropecuários	2	17.784 ⁶

*Potência instalada em operação em 15 de janeiro de 2016 (ANEEL, 2016).

¹ Considerando usinas com potência elétrica maior que 30 MW (EPE, 2007).

² Considerando usinas com potência elétrica maior que 1 MW e menor que 30 MW (EPE, 2007).

³ Considerando torres com 50 metros e velocidades de vento igual ou superior a 7 m/s (Amarante et al., 2001).

⁴ Considerando instalação de painéis fotovoltaicos em 100% dos telhados dos edifícios residenciais brasileiros (EPE, 2014a).

⁵ Considerando os resíduos sólidos urbanos gerados em municípios brasileiros com mais de 850.000 habitantes de 86% daqueles com mais de 500.000 habitantes (EPE, 2014b).

⁶ Considerando as culturas de soja, milho, mandioca, arroz, trigo e feijão e das espécies zootécnicas de bovinos, suínos e aves (EPE, 2014c).

O potencial a ser explorado por grandes centrais hidrelétricas representa aproximadamente 62% do potencial total (potencial aproveitado, mais potencial a ser aproveitado) e a maior parte deste potencial se encontra na região norte do país, mais especificamente na Bacia Amazônica (EPE, 2007). O aproveitamento do potencial hidrelétrico nesta região apresenta uma série de empecilhos, principalmente quanto aos impactos que podem ser gerados as unidades de conservação ambiental e as populações indígenas. As pequenas centrais hidrelétricas, por sua vez, geram menores impactos socioambientais, está melhor distribuído no país e possui um potencial a ser aproveitado de 72%, tornando-se uma alternativa interessante para ser explorada nos próximos anos.

Em relação à energia eólica, seu potencial de expansão também é bastante promissor, com uma potência a ser aproveitada próxima à potência

elétrica total em operação no Brasil, considerando todas as fontes de energia em uso, igual à 145.862 MW (ANEEL, 2016). As localidades com maiores potências de uso se encontram na região Nordeste, mas também há lugares com grande possibilidade de exploração nas regiões Sudeste e Sul.

A energia solar fotovoltaica também possui grande potencial de expansão no país, principalmente na forma distribuída. Considerando apenas o aproveitamento da área de telhados dos edifícios residenciais, seria possível uma geração de energia por sistemas fotovoltaicos equivalente ao dobro da demanda de energia elétrica do setor residencial (EPE, 2014c). Complementarmente, a energia solar térmica é uma alternativa para atender a demanda de água quente dos edifícios. O chuveiro elétrico é o principal sistema de aquecimento de água usado em domicílios brasileiros, estando presente em 73,5% deles e respondendo por 24% do consumo de energia elétrica dos mesmos (Eletrobras, 2007). Além de criar grandes custos consideráveis para os proprietários e inquilinos dos edifícios, os chuveiros elétricos geram custos adicionais ao sistema elétrico nacional para suprimento de demanda de energia no horário de pico, uma vez que estes equipamentos têm alta potência e são acionados geralmente no início da noite (Naspolini et al., 2010).

O potencial de geração de energia elétrica a partir da biomassa pode ser explorado por meio de plantio de espécies florestais e culturas agrícolas para este fim ou por meio de resíduos vegetais e animais. Como apresentado no Quadro 4.1, apenas o potencial de geração de eletricidade por resíduos das culturas de soja, milho, mandioca, arroz, trigo, feijão e das espécies zootécnicas de bovinos, suínos e aves poderiam gerar uma potência maior que a da Usina Hidrelétrica de Itaipu, que possui 14.000 MW (ANEEL, 2016). Além disso, estima-se que o potencial de geração de energia elétrica a partir dos resíduos da cana-de-açúcar, sozinhos, esteja na ordem de 3.176 MW (EPE, 2007). Outro uso energético interessante da cultura de cana-de-açúcar e que tem sido empregado no Brasil desde a década de 1970, é seu uso como etanol biocombustível.

Associado à geração de energia por fontes renováveis, é indispensável o incentivo ao uso racional da energia, o qual pode ser alcançado por meio de processos, máquinas e equipamentos mais eficientes ou por mudanças de

hábitos de uso. O Ministério de Minas e Energia, estima que exista um potencial de eficiência energética de 12,1%; 7,9%; 6,0%; 5,8%; e 4,1%, respectivamente, para os setores nacionais de transportes, indústrias, agropecuário, comercial e residencial, entre os anos de 2010 e 2030, considerando apenas o processo de dinâmica natural de aumento de eficiência energética (EPE, 2007). Para o setor elétrico nacional, estima-se que haja um potencial de 5% de eficiência energética para 2030 por meio de dinâmica natural de mercado, o equivale a 53 TWh e permitiria evitar investimentos de US\$ 15 e US\$ 18 bilhões em geração de energia elétrica, entre 2010 e 2030. Quando se considera o potencial que poderia ser atingido por meio de implementação de políticas públicas de incentivo, espera-se que seja possível obter outros 5% para o setor elétrico nacional até 2030. Portanto, seria possível dobrar o potencial de eficiência energética esperado para este setor, demonstrando a importância de atuação do governo na área de conservação de energia (EPE, 2007).

4.3 Critério de incentivo à energia renovável e eficiência energética

Com base no potencial de geração de energia por fontes renováveis e potencial de eficiência energética existentes no Brasil, foi proposto o critério intitulado “Energia renovável e eficiência energética”, composto pelos seguintes subcritérios, para compor as leis de ICMS Ecológico.

1. Pequenas centrais hidrelétricas;
2. Energia solar fotovoltaica;
3. Energia eólica;
4. Usinas termelétricas à biomassa;
5. Etanol combustível;
6. Energia solar térmica;
7. Cogeração;
8. Código de obras municipais com diretrizes de eficiência energética;
9. Certificação de eficiência energética de edifícios; e
10. Política municipal de conservação de energia.

Para cada um dos subcritérios listados anteriormente, foram elaborados métodos de cálculos para repasse de ICMS Ecológico e sugeridas fontes de dados para levantamento das variáveis necessárias para a realização de tais cálculos, apresentados a seguir.

4.3.1 Pequenas centrais hidrelétricas

A parcela a ser repassada por este subcritério seria dada pela relação entre a potência instalada de pequenas centrais hidrelétricas localizadas no município e a potência total instalada no estado, Equação (4.1). Como pequenas centrais hidrelétricas estão incluídas aquelas com potência instalada igual ou menor à 30.000 kW.

$$P_{hid_mun} = \frac{Pot_{pch_mun}}{Pot_{pch_est}} \quad (4.1)$$

em que:

- P_{pch_mun} : parcela de ICMS a ser repassada ao município pelo subcritério “Pequenas centrais hidrelétricas” (%);
- Pot_{pch_mun} : potência instalada em operação de pequenas centrais hidrelétricas no município (MW), quando as usinas se localizarem no limite de municípios, será contabilizada metade da potência; e
- Pot_{pch_est} : potência instalada em operação de pequenas centrais hidrelétricas no estado (MW), quando as usinas se localizarem no limite de municípios, será contabilizada metade da potência.

Para o cálculo do subcritério “Pequenas centrais hidrelétricas” podem ser utilizados os dados disponibilizados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A ANEEL disponibiliza em sua página eletrônica uma lista com as usinas de geração de energia elétrica em operação no Brasil, com suas localidades e suas potências instaladas. Tal fonte de dados também é recomendada para cálculo dos quatro próximos subcritérios: “Energia solar

fotovoltaico”, “Energia eólica”, “Usinas termelétricas à biomassa” e “Cogeração”.

4.3.2 Energia solar fotovoltaica

A parcela a ser repassada por este subcritério seria calculada pela relação entre a potência instalada de usinas solares fotovoltaicas localizadas no município e a potência total instalada no estado, Equação (4.2).

$$P_{sf_mun} = \frac{Pot_{sf_mun}}{Pot_{sf_est}} \quad (4.2)$$

em que:

- P_{sf_mun} : parcela a ser repassada ao município pelo subcritério “Energia solar fotovoltaico” (%);
- Pot_{sf_mun} : potência instalada de usinas fotovoltaicas no município (MW);
e
- Pot_{sf_est} : potência instalada de usinas fotovoltaicas no estado (MW).

Fonte de dados: Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

4.3.3 Energia eólica

A parcela a ser repassada por este subcritério seria dada pela relação entre potência instalada de usinas eólicas localizadas no município a potência total instalada no estado, Equação (4.3).

$$P_{eol_Mun} = \frac{Pot_{eol_mun}}{Pot_{eol_est}} \quad (4.3)$$

em que:

- P_{eol_mun} : parcela a ser repassada ao município pelo subcritério “Energia eólica” (%);

- Pot_{eol_mun} : potência instalada de usinas eólicas no município (MW); e
 Pot_{eol_est} : potência instalada de usinas eólicas no estado (MW).

Fonte de dados: Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

4.3.4 Usinas termelétricas à biomassa

A parcela a ser repassada por este subcritério seria definida pela relação entre a potência instalada de usinas termelétricas à biomassa localizadas no município e a potencial total instalada no estado, Equação (4.4).

$$P_{bio_mun} = \frac{Pot_{bio_mun}}{Pot_{bio_est}} \quad (4.4)$$

em que:

- P_{bio_mun} : parcela a ser repassada ao município pelo subcritério “Usinas termelétricas à biomassa” (%);
 Pot_{bio_mun} : potência instalada de usinas termelétricas movidas à biomassa no município (MW); e
 Pot_{bio_est} : potência instalada de usinas termelétricas movidas à biomassa no estado (MW).

Fonte de dados: Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

4.3.5 Cogeração

A parcela a ser repassada por este subcritério seria definida pela relação entre a potência instalada de termelétricas com cogeração qualificada no município e a potência total instalada no estado, Equação (4.5). Considera-se termelétrica com cogeração qualificada aquela que atende as condições estabelecidas na Resolução Normativa ANEEL n.º 235/2006 (ANEEL, 2006).

$$P_{cog_Mun} = \frac{Pot_{cog_mun}}{Pot_{cog_est}} \quad (4.5)$$

em que:

$P_{\text{cog_mun}}$: parcela a ser repassada ao município pelo subcritério “cogeração” (%);

$P_{\text{pot_cog_mun}}$: potência instalada de termelétricas com cogeração qualificada no município (MW); e

$P_{\text{pot_cog_est}}$: potência instalada de termelétricas com cogeração qualificada no estado (MW).

Fonte de dados: Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

4.3.6 Etanol Combustível

A parcela a ser repassada por este subcritério seria calculada pela relação entre o consumo de etanol combustível do município e o consumo total do estado, Equação (3.6).

$$P_{\text{et_mun}} = \frac{C_{\text{et_mun}}}{C_{\text{et_est}}} \quad (3.6)$$

em que:

$P_{\text{et_mun}}$: parcela a ser repassada ao município pelo subcritério “Etanol combustível” (%);

$C_{\text{et_mun}}$: consumo de etanol combustível do município (m³); e

$C_{\text{et_est}}$: consumo de etanol combustível do estado (m³).

Alguns governos estaduais divulgam o consumo municipal de etanol em seus em seus balanços energéticos estaduais, os quais poderiam ser utilizados para o cálculo de repasse de ICMS Ecológico por este subcritério. Nas unidades federativas em que isto não ocorre, o poder público estadual poderia pedir ao órgão responsável por seu balanço energético que inclua tal quantificação ou nomeie um órgão estadual específico para realizar este levantamento.

4.3.7 Energia solar térmica

A parcela a ser repassada por este subcritério seria dada pela relação entre a área instalada de coletores solares térmicos no município e a área total no estado, Equação (4.7).

$$P_{st_mun} = \frac{A_{st_mun}}{A_{st_est}} \quad (4.7)$$

em que:

P_{st_mun} : parcela a ser repassada ao município pelo subcritério “Energia solar térmica” (%);

A_{st_mun} : área instalada de coletores solares térmicos no município (m²); e

A_{st_est} : área instalada de coletores solares térmicos no estado (m²).

Alguns estados têm feito o levantamento da área de coletor solar térmico por município e disponibilizado em seus balanços energéticos estaduais. Nos casos em que isto não é feito, assim como sugerido para o subcritério anterior, o poder público estadual poderia pedir ao órgão responsável por seu balanço energético que inclua tal cálculo ou nomeie um órgão específico para realizar este levantamento.

4.3.8 Certificação de eficiência energética de edifícios

A parcela ser repassada por este subcritério seria calculada pela relação entre o número de edifícios etiquetados pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) no município e o número total de edifícios no estado, Equação (4.8). Como o PBE considera cinco níveis de eficiência (A, B, C, D e E) foi proposta para este subcritério uma ponderação no cálculo, de modo a somar mais pontos municípios com edifícios com melhor desempenho energético.

$$P_{cee_mun} = \frac{0,30A_{mun} + 0,25B_{mun} + 0,20C_{mun} + 0,15D_{mun} + 0,10E_{mun}}{0,30A_{est} + 0,25B_{est} + 0,20C_{est} + 0,15D_{est} + 0,10E_{est}} \quad (4.8)$$

em que:

P_{cee_mun}	: parcela a ser repassada ao município pelo subcritério “Certificação de eficiência energética de edifícios” (%);
A_{mun}	: área total de edifícios com etiqueta A pelo PBE no município;
B_{mun}	: área total de edifícios com etiqueta B pelo PBE no município;
C_{mun}	: área total de edifícios com etiqueta C pelo PBE no município;
D_{mun}	: área total de edifícios com etiqueta D pelo PBE no município;
E_{mun}	: área total de edifícios com etiqueta E pelo PBE no município;
A_{est}	: área total de edifícios com etiqueta A pelo PBE no estado;
B_{est}	: área total de edifícios com etiqueta B pelo PBE no estado;
C_{est}	: área total de edifícios com etiqueta C pelo PBE no estado;
D_{est}	: área total edifícios com etiqueta D pelo PBE no estado; e
E_{est}	: área total de edifícios com etiqueta E pelo PBE no estado.

O Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) disponibiliza em seu endereço eletrônico uma lista atualizada de edifícios certificados, com sua localização e seu nível de eficiência energética. Portanto, para o cálculo do repasse de ICMS Ecológico por este subcritério, seria necessário como informação adicional a área construída de cada edificação, a qual poderia ser obtida com o próprio INMETRO.

4.3.9 Código de obras municipais com diretrizes de eficiência energética

Teriam direito ao recebimento por este subcritério aqueles municípios que possuem códigos de obras com diretrizes de eficiência energética mais rigorosos que as presentes em legislações estaduais e federais. Como base, recomenda-se que sejam consideradas medidas de conservação de energia que versem sobre:

- vii. Iluminação natural;
- viii. Ventilação natural;
- ix. Valores limites quanto às propriedades térmicas das superfícies dos edifícios;
- x. Sistemas de iluminação eficientes;
- xi. Sistemas de condicionamento de ar eficientes;
- xii. Exigência de tubulações de água quente;

- xiii. Obrigatoriedade do uso de sistemas de energias renováveis, como energia solar térmica; e
- xiv. Outras diretrizes e tecnologias eficientes, além das citadas anteriormente, que comprovadamente reduzem o consumo de energia.

Primeiramente, o poder estadual faria um levantamento dos códigos de obras de todos os municípios e julgados quais teriam direito ao recebimento por este subcritério. Depois disto, os municípios seriam divididos em três grupos:

- A. Municípios que apresentam os códigos de obras mais eficientes, os quais dividiriam em partes iguais, 50% do recurso total destinado a este subcritério;
- B. Municípios que apresentem os códigos de obras menos eficientes, os quais dividiria em partes iguais, 20% do recurso total destinado a este subcritério; e
- C. Municípios que apresentem os códigos de obras menos eficientes que o grupo “A” e mais eficiente que o grupo “B”, os quais dividiriam em partes iguais, 30% do recurso referente a este subcritério.

Quanto a fonte de dados para o cálculo deste subcritério, seria necessário que o poder público estadual nomeie um órgão que tenha competência sobre o assunto para analisar os códigos de obras, por exemplo, a Secretaria de Estado da Casa Civil, a qual repassaria a composição dos grupos para a secretaria responsável pelo cálculo de rateio do ICMS Ecológico, normalmente a Secretaria da Fazenda.

4.3.10 Política municipal de conservação de energia

Teriam direito ao recebimento por este subcritério aqueles municípios que possuem política municipal de conservação de energia, com diretrizes mais rigorosas que as dispostas em legislações estaduais e federais. Para tal, os municípios deveriam possuir uma lei municipal promulgada, prevendo a política de conservação de energia, bem como possuir um conselho municipal de conservação de energia e um fundo municipal de conservação de energia.

Como base, recomenda-se que sejam consideradas na elaboração da política municipal as seguintes medidas:

- i. Eficiência energética nas repartições públicas municipais: realização de licitações de compra de máquinas e equipamentos que consideram requisitos de eficiência energética;
- ii. Ensino: Inclusão do tema “uso racional de energia” nos planos de ensino das escolas municipais de ensino fundamental e médio, por meio de aulas, palestras e/ou exposições;
- iii. Setor residencial: Atividades em bairros residenciais para conscientizar a população quanto ao uso racional de energia, incluindo dicas para economia de energia, aquecimento solar de água, informações sobre eletrodomésticos etiquetados pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem;
- iv. Setor comercial e de serviços: Palestras que contemplem assuntos de interesse destes setores, como sistemas de iluminação e condicionamento de ar eficientes, práticas de uso racional e equipamentos etiquetados pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem;
- v. Setor industrial: Palestras e clínicas tecnológicas que abordem temas, como eficiência energética como fator de competitividade; reaproveitamento de resíduos para geração de energia, cogeração e auditorias energéticas;
- vi. Transportes: Campanhas de conscientização que incluam o uso de transporte público, veículos eficientes e biocombustíveis; e
- vii. Setor agropecuário - Palestras e clínicas tecnológicas para instruir produtores rurais, quanto à temas de interesse como: práticas eficientes de manejo, máquinas de alto rendimento, conservação de energia em sistemas de produção animal, aproveitamento energético de resíduos agropecuários, cogeração e biocombustíveis.

Primeiramente, o poder estadual faria um levantamento de quais municípios terão direito ao recebimento por este subcritério. Depois disso, tais municípios deveriam ser divididos em três grupos:

- A. Municípios que apresentam políticas de conservação de energia mais rigorosas, os quais irão dividir em partes iguais, 50% do recurso total destinado a este subcritério;

- B. Municípios que apresentam políticas de conservação de energia mais rigorosas, os quais irão dividir em partes iguais, 20% do recurso total destinado a este subcritério; e
- C. Municípios que apresentam políticas de conservação de energia mais rigorosas que o grupo “A” e mais rigorosas que o grupo “B”, os quais irão dividir em partes iguais, 30% do recurso referente a este subcritério.

Quanto a fonte de dados para o cálculo deste subcritério, uma sugestão seria o poder público estadual nomeie um órgão que tenha competência sobre o assunto para analisar das políticas públicas, por exemplo, a Secretaria Estadual de Energia, a qual repassaria a composição dos grupos para a secretaria responsável pelo cálculo de rateio do ICMS Ecológico, normalmente a Secretaria da Fazenda.

4.3.11 Composição do critério “Energia renovável e eficiência energética”

Considerando uma divisão igualitária entre os subcritérios do critério “Energia renovável e eficiência energética”, cada um teria participação de 10%, conforme explicitado pela Equação (4.9):

$$P_{FREE_MUN} = \frac{0,10P_{pch_mun} + 0,10P_{sf_mun} + 0,10 P_{eol_mun} + 0,10 P_{bio_mun} + 0,10 P_{et_mun} + 0,10 P_{st_mun} + 0,10 P_{cog_mun} + 0,10 P_{coe_mun} + 0,10 P_{cee_mun} + 0,10 P_{pme}}{(4.9)}$$

em que:

- P_{ere_mun} : parcela a ser repassada ao município pelo critério “Energia renovável e eficiência energética” ao município;
- P_{hid_mun} : parcela a ser repassada ao município pelo subcritério “Pequenas centrais hidrelétricas”;
- P_{sf_mun} : parcela a ser repassada ao município pelo subcritério “Energia solar fotovoltaico”;
- P_{eol_mun} : parcela a ser repassada ao município pelo subcritério “Energia eólica”;

- P_{bio_mun} : parcela a ser repassada ao município pelo subcritério “Usinas termelétricas à biomassa”;
- P_{et_mun} : parcela a ser repassada ao município pelo subcritério “Etanol combustível” (%);
- P_{st_mun} : parcela a ser repassada ao município pelo subcritério “Energia solar térmica”;
- P_{cog_mun} : parcela a ser repassada ao município pelo subcritério “Cogeração”.
- P_{coe_mun} : parcela a ser repassada ao município pelo subcritério “Código de obras municipais com diretrizes de eficiência energética”;
- P_{cee_mun} : parcela a ser repassada ao município pelo subcritério “Certificação de eficiência energética de edifícios”; e
- P_{pme_mun} : parcela a ser repassada ao município pelo subcritério “Política municipal de conservação de energia”.

Como exemplo, toma-se como base um estado que destine 1% dos 25% que podem ser repassados conforme disposição de lei estadual ao critério “Energia renovável e eficiência energética” e apresente uma arrecadação total anual de ICMS de R\$ 1.000.0000.000. Deste total, R\$ 750.000.000 pertenceriam ao poder estadual e R\$ 25.000.000 seriam repassados aos municípios. Do total a ser rateado entre os municípios, R\$ 250.000 seria destinado ao critério “Energia renovável e eficiência energética”, sendo R\$ 25.000 a cada um de seus subcritérios, calculados por meio das equações apresentadas anteriormente.

4.4 Discussão

O critério energético proposto neste capítulo para compor a lei de ICMS Ecológico, intitulado de “Energia renovável e eficiência energética”, contempla os subcritérios “Pequenas centrais hidrelétricas”; “Energia solar fotovoltaico”; “Energia eólica”; “Usinas termelétricas à biomassa”; “Etanol combustível”, “Energia solar térmica”, “Cogeração”, “Certificação de eficiência energética de

edifícios”, “Código de obras municipais com diretrizes de eficiência energética”; e “Política municipal de conservação de energia”.

Para os subcritérios que versam sobre geração de energia elétrica foram considerados as fontes de energia previstas na Resolução ANEEL 482 (ANEEL, 2012), atualizada pela Resolução ANEEL 687 (ANEEL, 2015), que definem as regras do sistema brasileiro de compensação de energia elétrica. Por este sistema, uma unidade consumidora com micro ou minigeração por fonte renovável ou com cogeração qualificada pode se ligar ao sistema de distribuição de energia elétrica. No final de cada mês, é realizado o balanço de quanto foi injetado na rede distribuição e quanto foi consumido pela unidade de mini ou microgeração, caso o saldo seja positivo, são gerados créditos de energia à unidade consumidora com validade de 60 meses. A Resolução ANEEL 687/2015 estabeleceu que, para fins de aplicação do sistema de compensação, considera-se como minigeração distribuída aquela gerada por central com potência de até 75 kW para qualquer fonte de energia renovável e ou que possui cogeração qualificada; e microgeração distribuída aquela gerada por central com potência superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fonte hidráulica e com até 5 MW para as demais fontes ou que possui cogeração qualificada.

Foram consideradas as fontes de energia contempladas pela Resolução ANEEL 482/2012 para a elaboração do critério “Energia renovável e eficiência energética” por já haver uma abertura de mercado para estas fontes devido ao sistema de compensação, o que é um importante fator para convencer o poder estadual a incorporar tais diretrizes nas leis de ICMS Ecológico e para incentivar os consumidores a instalarem os sistemas de geração renovável. Com a atualização das normas do sistema de compensação de energia elétrica, pela Resolução ANEEL 687/2015, foi excluída a delimitação sobre quais fontes de energia poderiam ser contempladas para fins de participação do sistema, mantendo-se apenas a exigência que a energia deve ser gerada a partir de fontes renováveis. Esta modificação abre caminho para que sejam incentivadas outras tecnologias com uso incipiente no Brasil, como energia geotérmica, as quais podem futuramente serem consideradas também na lei de ICMS Ecológico.

Quanto à potência dos sistemas de geração de energia elétrica por fontes renováveis a serem contempladas pelo critério “Energia renovável e eficiência energética”, optou-se em limitar a potência apenas para fonte hidráulica em 30 MW, correspondente ao limite das pequenas centrais hidrelétricas. Para as demais fontes, representadas por energia da biomassa, eólica e solar fotovoltaica, não se limitou a potência, para fins de composição do novo critério. Foi tomada esta decisão porque a participação destas últimas fontes, principalmente solar e eólica, ainda é muito pequena na matriz elétrica nacional em relação a fonte hidráulica, e espera-se assim incentivar sua geração em pequena, média e grande escala por meio do ICMS Ecológico.

Dos dez subcritérios, dois versam sobre conservação de energia de edifícios, “Certificação de eficiência energética de edifícios” e “Código de obras eficiente”, devido ao grande potencial de eficiência energética do setor da construção civil. O potencial total de conservação de energia em edifícios pode chegar a 30% para construções existentes, se estas passarem por grandes intervenções, e em novas edificações, ao se utilizar tecnologias energeticamente eficientes desde a concepção inicial do projeto, a economia de energia pode chegar a 50% (Melo et al., 2014). Em 2009, o governo brasileiro lançou de forma voluntária a certificação de eficiência energética para edifícios comerciais, públicos e de serviços e, no ano seguinte, para os edifícios residenciais. Em 2014, a certificação tornou-se obrigatória para os edifícios públicos federais e espera-se que nos próximos anos se tornem para os demais tipos de edifícios. Deste modo, ao incluir o subcritério “Certificação de eficiência energética de edifícios” no ICMS Ecológico, espera-se promover a atualização do mercado construtivo, preparando-o para a futura obrigatoriedade do processo de certificação.

Para os subcritérios que versam sobre o uso de fontes renováveis de energia foram propostos métodos de cálculos mais simples do que os que dispõem sobre eficiência energética. No primeiro, caso pode-se fazer uma comparação mais direta entre os municípios e o estado por uma mesma unidade, entre elas potência elétrica instalada, consumo de biocombustível e metros quadrados de coletor solar térmico. Quando se trabalha com eficiência energética, torna-se mais difícil fazer uma comparação direta por uma única unidade de referência. Apesar disso, o potencial de economia de energia que

pode ser atingida por meio do uso de medidas de eficiência energética não pode ser ignorado e deve contemplado nas leis de ICMS Ecológico, mesmo que apresente métodos de cálculos mais complexos e exija o levantamento de maior número de variáveis para seu cálculo.

Quanto aos principais benefícios da incorporação de critérios de incentivo ao uso de fontes renováveis de energia e de medidas de conservação de energia na lei de ICMS Ecológico, pode-se citar aqueles de caráter estratégico, técnico-econômico, social e ambiental. Do ponto de vista estratégico, o uso de tal critério “Energia renovável e eficiência energética” pode promover a independência energética regional, seja pela geração descentralizada de energia por fonte renovável ou por uso racional dos insumos energéticos, e assim, indiretamente promover a independência energética nacional. Vale ressaltar que em 2014, cerca de 17% da oferta interna de energia no país foi representada por importações, principalmente por carvão mineral, gás natural, petróleo e seus derivados e por energia elétrica, esta última, advinda da Usina Hidrelétrica de Itaipu, binacional Brasil-Paraguai (EPE, 2015).

Além disso, o uso de instrumentos legais de incentivo à geração de energia elétrica por outras fontes que não seja hidráulica, como energia solar, eólica e biomassa é importante para diversificar a matriz elétrica e, conseqüentemente, reduzir a susceptibilidade da matriz elétrica nacional. Nos últimos meses, várias regiões brasileiras têm enfrentado uma crise hídrica, o que provocou, entre outros problemas, a redução do volume dos reservatórios das usinas hidrelétricas. Como consequência, foi preciso acionar um maior número de usinas termelétricas, as quais possuem custo de geração mais elevado que as hidrelétricas, levando ao aumento das tarifas de energia elétrica no país.

Em relação aos benefícios técnico-econômicos da incorporação do critério “Energia renovável e eficiência energética” nas leis de ICMS Ecológico, um dos principais recai sobre o Sistema Elétrico Nacional e indiretamente, ao governo federal. Este sistema é dividido em sistema de geração, representado pelas usinas de geração de energia elétrica, pelo sistema de transmissão, representado pelas linhas de alta tensão que conduz a energia elétrica das usinas até os centros consumidores, e pelo sistema de distribuição,

representado pelas linhas de baixa tensão que conecta os consumidores. Uma das principais vantagens da geração descentralizada de energia está no fato de neste caso se eliminar as perdas do sistema de transmissão, uma vez que a energia por micro e mini geração é injetada diretamente no Sistema de Distribuição. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica, as perdas nas linhas de transmissão equivalem a aproximadamente 4% da energia elétrica gerada no Brasil (ANEEL, 2014), parcela relevante que poderia ser reduzida por meio de medidas governamentais de incentivo a geração descentralizada de energia.

Com respeito a viabilidade técnico-econômica das medidas previstas no critério “Energia renovável e eficiência energética”, ressalta-se que cada uma delas apresentam atratividades diferentes, relacionados principalmente ao nível de desenvolvimento tecnológico e preço de fontes de energia de referência. Entre as fontes de energia renováveis consideradas, a energia solar térmica está entre as que possuem atualmente maior viabilidade econômica. Segundo estudo realizado por Martins et al. (2012), o tempo de retorno de capital de um aquecedor solar de água, está entre 3 a 5 anos, a depender da região brasileira considerada.

Outra fonte de energia considerada neste estudo e que tem se mostrado economicamente viável é a biomassa. O uso da biomassa para fins de geração de energia elétrica tem sido bastante utilizada nos setores de Papel e Celulose e Sucroalcooleiro no Brasil, muitas vezes delas associados à sistemas de cogeração, contribuindo para aumentar a eficiência dos processos produtivos destes setores. Quando se fala do uso da biomassa de resíduos agropecuárias e da silvicultura, os benefícios econômicos são ainda maiores, transformando-se um material que demandaria custo para tratamento em matéria-prima energética. Há muito espaço para expansão do uso da biomassa para fins energéticos em todo país, principalmente na agropecuária e na agroindústria, os quais estão entre os mais importantes segmentos econômicos nacionais, potencial este que poderia ser melhor aproveitado por meio de políticas públicas, como o ICMS Ecológico.

Ainda em relação a biomassa energética, na elaboração do critério energético “Energia renovável e eficiência energética”, foi considerado também sua utilização como biocombustível, na forma de etanol. Com vistas ao

recebimento de ICMS Ecológico por este subcritério, as prefeituras poderiam incentivar a criação de cooperativas de pequenos produtores de álcool, oferecendo assistência técnica para plantio da cana-de-açúcar e suporte de infraestrutura para a produção de etanol, ao qual pode ser feita em microdestilarias. Tais incentivos poderiam reduzir o custo de produção deste biocombustível e conseqüentemente seu preço de mercado. Além disso, ao se produzir um combustível de forma descentralizada, evita-se custos com transporte de insumos e do produto final, os quais compõem parte do preço pago pelos consumidores.

Ao se considerar a energia solar fotovoltaica e eólica como parâmetros de repasse de recursos aos municípios pelo ICMS Ecológico, pode-se contribuir para acelerar a expansão de seus usos no país, em pequeno e grande porte. No primeiro caso, os gestores públicos municipais poderiam incentivar o uso desta tecnologia em edifícios, por meio de redução de impostos municipais, por exemplo o Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU). No segundo caso, as prefeituras podem atrair empreendimentos de geração de energia solar fotovoltaica e eólica, oferecendo incentivos fiscais para a instalação das usinas em seus territórios.

Em relação aos impactos sociais da inclusão do critério “Energia renovável e eficiência energética” na lei de ICMS Ecológico, deve-se destacar que ao incentivar a geração descentralizada de energia, comparada a geração em grandes centrais, promove-se uma maior geração de emprego e uma melhor distribuição de renda à nível local e regional. Neste caso, é possível gerar um maior número de postos de trabalho que podem ser ocupados pela população da região, contribuindo para a melhoria de qualidade da mesma e reduzindo a migração de pessoas para grandes centros urbanos em busca de empregos.

Do ponto de vista ambiental, um dos principais benefícios da geração de energia por fontes renováveis e o uso de medidas de eficiência energética diz respeito a redução das emissões de gases de efeito estufa. Em 2014, o total de emissões associadas à matriz energética brasileira foi de 485,2 milhões de toneladas de dióxido de carbono (EPE, 2015). A geração de energia descentralizada também apresenta vantagens ambientais importantes a nível regional e local. Entre os problemas das grandes centrais hidrelétricas está a

exigência de alagamento de extensas áreas de solo, com conseqüente perda de biodiversidade local e descolamento de populações ribeirinhas. As usinas termelétricas, por sua vez, emitem fumaça e particulados que comprometem a qualidade do ar no entorno das usinas.

Foi elaborado um critério de incentivo ao uso de fontes renováveis e de conservação de energia bastante amplo, composto por dez subcritérios. Espera-se aqui motivar e nortear os gestores estaduais a criar e atualizar suas leis de ICMS Ecológico, estando à competência de governo estadual considerar parte ou todos os subcritérios propostos. O uso de um maior número de subcritérios tem potencial de gerar maiores benefícios socioambientais, entretanto, mais trabalhoso se torna o processo de levantamento de dados para cálculo do rateio do ICMS Ecológico. Uma opção inicial, seria considerar os subcritérios “Pequenas centrais hidrelétricas”; “Energia solar fotovoltaica”; “Energia eólica”, “Usinas termelétricas à biomassa” e “Cogeração”, uma vez que os dados para cálculo dos mesmos são levantados pela Agência Nacional de Energia Elétrica, o que faz destes subcritérios prontamente mensuráveis para qualquer unidade federativa brasileira e possuem métodos de cálculos simples, por meio da relação entre potência elétrica instalada no município e no estado .

4.5 Conclusão

O critério proposto nesta tese, intitulado de “Energia renovável e eficiência energética”, para ser incluindo nas leis de ICMS Ecológico, seria composto por dez subcritérios: “Pequenas centrais hidrelétricas”; “Energia solar fotovoltaica”; “Energia eólica”; “Usinas termelétricas à biomassa”; “Etanol combustível”; “Energia solar térmica”; “Cogeração”; “Código de obras municipais com diretrizes de eficiência energética”; “Certificação de eficiência energética de edifícios”; e “Política municipal de conservação de energia”. Para cada subcritério, foram propostos métodos de cálculos, bem como fontes de dados para este fim.

Há diversos benefícios em adotar um critério de incentivo ao uso de fontes renováveis de energia e de medidas de eficiência energética nas leis de ICMS Ecológico, de cunho estratégico, socioeconômico e ambiental. Ao se

promover a geração de energia e conservação de energia em nível estadual, aumenta-se a independência energética regional e, conseqüentemente, a independência nacional, reduzindo assim a necessidade de expansão do sistema nacional de geração de energia. Além disso, à promoção da geração descentralizada de energia e de medidas de eficiência energética pelos estados possibilitaria a redução das emissões de gases de efeito estufa provenientes do setor energético e aumentaria a geração de renda e empregos e de renda.

Por fim, como o uso de recursos energéticos é indispensável para promover o desenvolvimento econômico e social, o incentivo ao uso de fontes menos poluentes e de medidas de uso racional de energia por meio de instrumentos legais de compensação financeira, como o ICMS Ecológico, é imprescindível para promover uma melhor utilização dos recursos naturais, em médio e longo prazo. O Brasil possui um grande potencial de geração de energia por diferentes fontes renováveis, o qual poderia ser melhor explorado por políticas públicas de incentivo mais efetivas, como as de caráter econômico-financeiro, como o ICMS Ecológico.

4.6 Referências bibliográficas

Amarante, O. A. C; Brower, M.; Zack, J., Sá, A. L. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Brasília: CRESESB/CEPEL, 2001.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução normativa n.º 235, de 14 de novembro de 2006. Estabelece os requisitos para a qualificação de centrais termelétricas cogeneradoras de energia e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 2006.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa n.º 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 2012.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa n.º 687, de 24 de novembro de 2015. Altera a Resolução Normativa n.º 482, de 17 de

abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição - PRODIST. **Diário Oficial da União**, 2015.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de Informações de Geração**. Disponível em:

<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>.

Acesso em: 04 de março de 2016.

Brasil. **Constituição da República Federativa do Brasil**, promulgada em 5 de outubro de 1988. Brasília: Senado, 1988.

Cavalcante, D. L., Mendes, A. S. V. Constituição, Direito Tributário e Meio Ambiente. **Revista Nomos**, v. 28.2, p. 29-40, 2008.

Eletrobras - Centrais Elétricas Brasileiras. **Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso, ano base 2005: Classe Residencial - Relatório Sudeste**. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2007.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2006: Ano Base 2005**. Rio de Janeiro: MME/EPE, 2006.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2030**. Rio de Janeiro: MME/EPE, 2007.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Nota Técnica DEA 19/14: Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil - Condicionantes e Impactos**. Rio de Janeiro: MME/EPE, 2014a.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Nota Técnica DEA 18/14: Inventário Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Rio de Janeiro: MME/EPE, 2014b.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Nota Técnica DEA 15/14. Inventário Energético de Resíduos Rurais**. Rio de Janeiro: MME/EPE, 2014c.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2015: Ano Base 2014**. Rio de Janeiro: MME/EPE, 2015.

Fernandes, L. L.; Coelho, A. B.; Fernandes, E. A.; Lima, J. E. Compensação e incentivo à proteção ambiental: o caso do ICMS ecológico em Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 49, p. 2011.

Kemkes, R. J.; Farley, J.; Koliba, C. Determining when payments are an effective policy approach to ecosystem service provision. **Ecological Economics**, v. 69, p. 2069-2074, 2010.

Martins, F. R.; Pereira, E. B.; Abreu, S. L. Scenarios for solar thermal energy applications in Brazil. **Energy Policy**, v. 48, p. 640–649, 2012.

Mato Grosso do Sul. Lei Complementar n.º 077, de 7 de dezembro de 1994. Altera a redação de dispositivo da Lei Complementar n.º 57, de 4 de janeiro de 1991, e dá outras providências. Campo Grande: **Diário Oficial do Estado do Mato Grosso do Sul**, 1994.

Minas Gerais. Lei n.º 12.040, de 28 de dezembro de 1995. Dispõe sobre a distribuição da parcela de receita do produto da arrecadação do ICMS pertencente aos Municípios, de que trata o inciso II do parágrafo único do artigo 158 da Constituição Federal, e dá outras providências. Belo Horizonte: **Diário Oficial do Estado de Minas Gerais**, 1995.

Moura, A. S. Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços Socioambiental: incentivos institucionais e legislação ambiental no Brasil. **Revista de Administração Pública**, v. 49, 165-187, 2015.

Naspolini, H. F.; Militão, H. S. G.; Rütther, R. The role and benefits of solar water heating in the energy demands of low-income dwellings in Brazil. **Energy Conversion and Management**, v. 51, p. 2835-2845, 2010.

Melo, A. P.; Sorgato, M. J.; Lamberts, R. Building energy performance assessment: Comparison between ASHRAE standard 90.1 and Brazilian regulation. *Energy and Buildings*, v. 70, p. 372–383, 2014.

Paraná. Lei Complementar n.º 59, de 1.º de outubro de 1991. Dispõe sobre a repartição de 5% do ICMS, a que alude o art. 2.º da Lei n.º. 9.491/90, aos municípios com mananciais de abastecimento e unidades de conservação ambiental, assim como adota outras providências. Curitiba: **Diário Oficial do Estado do Paraná**, 1991.

Petterini, F. C.; Irffi, G. D. Evaluating the impact of a change in the ICMS tax law in the state of Ceará in municipal education and health indicators. **EconomiA**, v. 14. p. 171-184, 2013.

Prado Filho; J. F.; Sobreira, F. G. Desempenho operacional e ambiental de unidades de reciclagem e disposição final de resíduos sólidos domésticos financiadas pelo ICMS Ecológico de Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, p. 52-61, 2007.

Ring, I. Integrating local ecological services into intergovernmental fiscal transfers: The case of the ecological ICMS in Brazil. **Land Use Policy**, v. 25, p. 485-497, 2008.

São Paulo. Lei n.º 8.510, de 29 de dezembro de 1993. Altera a Lei n.º 3.201, de 23 de dezembro de 1981, que dispõe sobre a parcela, pertencente aos municípios, do produto da arrecadação do Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação - ICMS. São Paulo: **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, 1993.

Sauquet, A.; Marchand, S.; Féres, J. G. Protected areas, local governments, and strategic interactions: The case of the ICMS-Ecológico in the Brazilian state of Paraná. **Ecological Economics**, v. 107, p. 249-258, 2014.

Silva Júnior; L. H.; Sobral, E. F. M. O ICMS Socioambiental de Pernambuco: Uma Avaliação dos Componentes Socioeconômicos da Política a Partir do Processo de Markov. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 44, p. 189-217, 2014.

The Nature Conservancy. **ICMS Ecológico**. Disponível em: <<http://www.icmsecologico.org.br>>. Acesso em: 02 de março de 2016.

5. Impactos financeiros da inclusão do critério “energia renovável e eficiência energética” no repasse de ICMS em Minas Gerais E Espírito Santo

Resumo

Muitos estados têm enfrentado dificuldades para aumentar a participação de critérios socioambientais em suas leis de ICMS Ecológico, devido principalmente à resistência de alguns municípios que temem perdas financeiras. Pode-se tentar diminuir esta resistência por meio de discussões com os legisladores estaduais e a população em geral, evidenciando os benefícios da inclusão de critérios de incentivo à conservação do meio ambiente e melhoria da qualidade de vida humana. O objetivo deste capítulo foi avaliar os impactos financeiros da inclusão do critério “Energia renovável e eficiência energética” no repasse de ICMS nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. O estudo foi feito considerando que o critério seria composto pelos subcritérios “Pequenas centrais hidrelétricas”, “Energia solar fotovoltaica”, “Energia eólica”, “Usinas termelétricas à biomassa” e “Cogeração”, e que teria participação de 1% do ICMS total destinados aos municípios. Foi proposto que o recurso para compor este novo critério viria da diminuição dos critérios “População dos 50 municípios mais populosos” e “Municípios que possuem gestão avançada da saúde”, para os estados de Minas Gerais e Espírito Santo, respectivamente. Foi verificado que seria possível repassar um montante de R\$ 76.415.256,84 e R\$ 22.263.027,50, respectivamente, para Minas Gerais e Espírito Santo, pelo novo critério proposto. Em Minas Gerais, há atualmente municípios capazes de captar por todos os subcritérios, enquanto que no Espírito Santo, apenas pelos subcritérios “Pequenas centrais hidrelétricas”; “Usinas termelétricas à biomassa”; e “Cogeração”. A inclusão deste critério no repasse de ICMS de Minas Gerais e Espírito Santo poderia incentivar os municípios a promover a geração distribuída de energia, com consequente aumento de independência energética estadual, o que seria interessante do ponto de vista de planejamento estratégico, uma vez que estes estados possuem grande demanda externa de energia elétrica.

Palavras-chaves: repasse de ICMS, novo critério, simulação, atualização de legislação, geração de energia descentralizada, conservação de energia.

5.1. Introdução

Muitos estados têm enfrentado dificuldades para aumentar a participação de critérios socioambientais nas suas leis de ICMS Ecológico, devido à resistência de alguns municípios que temem perdas financeiras com a diminuição de critérios econômicos (Nadir Júnior et al., 2007). Um modo de tentar diminuir tal resistência, é discutir com os legisladores e a população em geral os benefícios da inclusão de critérios ecológicos para a conservação do meio ambiente e para qualidade de vida humana.

O estado de Minas Gerais, possui uma das leis de ICMS Ecológico mais aperfeiçoadas do Brasil, empregando 18 critérios para repasse de recursos financeiros aos municípios. Este estado promulgou sua primeira lei que dispõe sobre o assunto em 1995 e já a atualizou três vezes. Apesar disso, a atual legislação ainda emprega diversos critérios que não possuem caráter socioambiental e que promovem o repasse de recursos financeiros à municípios mais desenvolvidos economicamente (Minas Gerais, 2009).

No estado do Espírito Santo, em contra partida, o repasse de ICMS aos municípios tem sido feito com base em apenas oito critérios, sendo metade deles referentes à saúde (Espírito Santo, 1997). O estado tem promovido esforços para incluir novos critérios ambientais na distribuição de ICMS, por meio de esforços conjuntos de diferentes órgãos estaduais, incluindo o Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA), o Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal (IDAF), o Comitê Estadual da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (ANAMMA), Associação Capixaba do Patrimônio Natural (ACPN) e a Secretaria de Estado da Fazenda (SEFA) (The Nature Conservancy, 2016).

Minas Gerais apresenta uma oferta interna de energia com participação de 50,9% de fontes renováveis, enquanto que Espírito Santo a participação destas fontes é de 22,5% (CEMIG, 2014; ASPE, 2015). Para efeito de comparação, a oferta nacional de energia é representada por 39,4% fontes renováveis (EPE, 2015). A participação de diferentes fontes na matriz energética destes estados é apresentada na Figura 5.1.

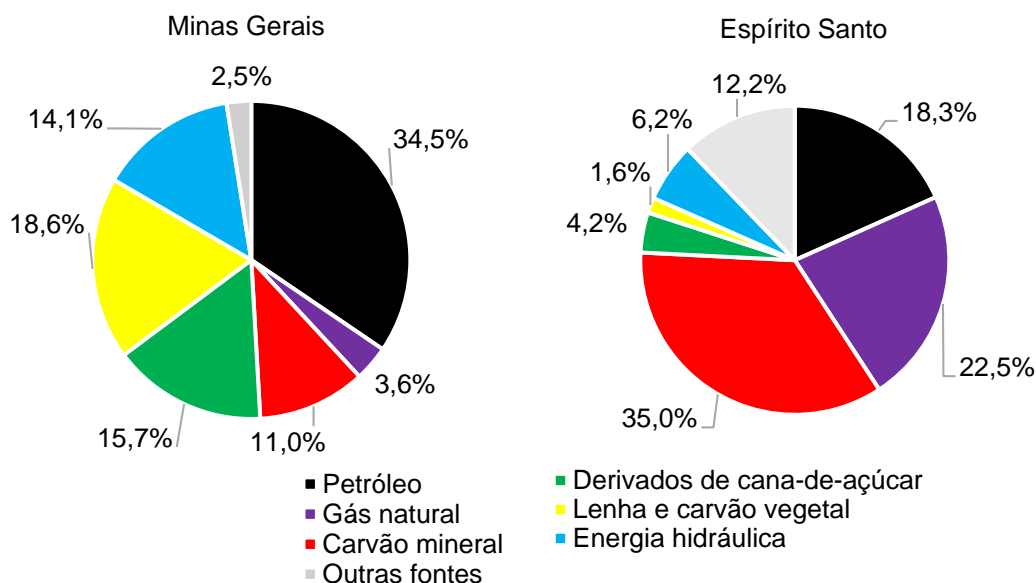


Figura 5.1. Oferta interna de energia nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo.

Fonte: CEMIG (2014); ASPE (2015).

Quanto à oferta interna de energia elétrica destes estados, os dois possuem grande dependência externa, sendo que 53,5% e 61,0% da demanda de eletricidade de Minas Gerais e Espírito Santo, respectivamente, é importada de outros estados (CEMIG, 2014; ASPE, 2015). Portanto, o aumento do uso de instrumentos legais de incentivo à geração de energia por fontes renováveis e de medidas de conservação de energia poderia promover uma maior independência energética desses estados. Neste contexto, objetivou-se neste capítulo analisar os impactos financeiros da inclusão do critério “Energia renovável e eficiência energética” no repasse de ICMS aos municípios dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo.

5.2. Critério “Energia renovável e eficiência energética”

O critério “Energia renovável e eficiência energética”, como apresentado no capítulo anterior, seria composto pelos dez subcritérios, listados a seguir:

1. Pequenas centrais hidrelétricas;
2. Energia solar fotovoltaica;
3. Energia eólica;
4. Usinas termelétricas à biomassa;

5. Etanol combustível;
6. Energia solar térmica;
7. Cogeração;
8. Código de obras municipais com diretrizes de eficiência energética;
9. Certificação de eficiência energética de edifícios; e
10. Política municipal de conservação de energia.

Para analisar os impactos financeiros do critério “Energia renovável e eficiência energética” no repasse de ICMS nos estados de Minas Gerais e Espírito santo, foi considerado os subcritérios “Pequenas centrais hidrelétricas”; “Energia solar fotovoltaica”; “Energia eólica”; “Usinas termelétricas à biomassa”; e “Cogeração”. Conforme metodologia elaborada e apresentada no capítulo anterior, o repasse de ICMS por estes subcritérios seriam calculados pela relação entre a potência elétrica instalada em operação, por cada uma das fontes, no município e no estado. Foram considerados na análise os dados de potência instalada disponíveis no endereço eletrônico da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2016).

5.3. Impactos do critério “Energia renovável e eficiência energética” no estado de Minas Gerais

5.3.1. Premissas para cálculo de repasse de ICMS pelo novo critério energético

Atualmente, o repasse de ICMS aos municípios do estado de Minas Gerais é feito com base nos critérios apresentados no Quadro 5.1.

Quadro 5.1. Critérios para repasse de ICMS aos municípios no estado de Minas Gerais

Critérios	Percentual (%)
1. Valor Adicionado Fiscal	75,00
2. Área geográfica	1,00
3. População	2,70
4. População dos 50 municípios mais populosos	2,00
5. Educação	2,00
6. Produção de alimentos	1,00
7. Patrimônio cultural	1,00
8. Meio Ambiente (Subcritérios: Unidades de Conservação; Mata Seca; e Sistemas de tratamento ou disposição final de lixo ou de esgoto sanitário)	1,10
9. Saúde	2,00
10. Receita própria	1,90
11. Cota mínima (divisão igualitária entre todos os municípios)	5,50
12. Municípios mineradores	0,01
13. Recursos hídricos (destinados à municípios com área alagada por usinas hidrelétricas)	0,25
14. Municípios sede de estabelecimentos penitenciários	0,10
15. Esportes	0,10
16. Turismo	0,10
17. ICMS solidário (destinados à municípios com repasse de ICMS <i>per capita</i> à inferior à média do estado acrescida de 40%)	4,14
18. Mínimo <i>per capita</i> (destinados à municípios com repasse de ICMS <i>per capita</i> à inferior 1/3 da média do estado)	0,10
Total	100,00

Fonte: Minas Gerais (2009)

Para fins de composição do critério “Energia renovável e eficiência energética”, será tomado como base uma participação de 1% do ICMS pertencentes aos municípios. Sugere-se que este percentual seja extraído do critério “População dos 50 municípios mais populosos”, reduzindo sua participação de 2% para 1%. Tal recomendação é feita porque este critério promove o repasse de recursos por uma variável já considerada, “População”, e beneficia predominantemente municípios que recebem maiores quantias de ICMS pelo Valor Adicionado Fiscal, o qual já possui participação de 75% no repasse de ICMS total aos municípios.

Os municípios que receberam recursos pelo critério “População dos 50 municípios mais populosos” no ano de 2015, em ordem de maior repasse para

menor, foram: Belo Horizonte; Uberlândia; Contagem; Juiz de Fora; Betim; Montes Claros; Ribeirão das Neves; Uberaba; Governador Valadares; Ipatinga; Sete Lagoas; Divinópolis; Santa Luzia; Ibité; Poços de Caldas; Patos de Minas; Pouso Alegre; Teófilo Otoni; Barbacena; Sabará; Varginha; Conselheiro Lafaiete; Itabira; Vespasiano; Araguari; Passos; Ubá; Coronel Fabriciano; Muriaé; Ituiutaba; Araxá; Lavras; Itajubá; Itaúna; Pará de Minas; Paracatu; Caratinga; São João del Rei; Nova Lima; Patrocínio; Nova Serrana; Timóteo; Manhuaçu; Unaí; Curvelo; Alfenas; João Monlevade; Três Corações; Viçosa; e Cataguases. Estes municípios estiveram entre os 100 que receberam maiores repasses de ICMS total por parte do poder estadual em 2015, de um total de 853 municípios mineiros.

Os municípios beneficiados pelo critério “População dos 50 municípios mais populosos” receberam juntos, uma quantia de R\$ 153.502.829,74. A maioria destes municípios se localizam na região Central, a qual abrange 17 destes municípios, que juntos captaram 50,8% dos recursos por este critério. As regiões de Triângulo; Mata; Sul de Minas; Rio Doce; Centro-oeste de Minas; Norte de Minas; Alto Paranaíba; Noroeste de Minas; e Jequitinhonha/Mucuri receberam, respectivamente, 10,9% (4 municípios); 9,2% (6 municípios); 8,2% (8 municípios); 7,6% (5 municípios); 3,7% (3 municípios); 3,6% (1 municípios); 3,1% (3 municípios); 1,6% (2 municípios); e 1,3% (1 município) dos recursos deste critério. A divisão das regiões de planejamento do estado de Minas Gerais é apresentada na Figura 5.2.

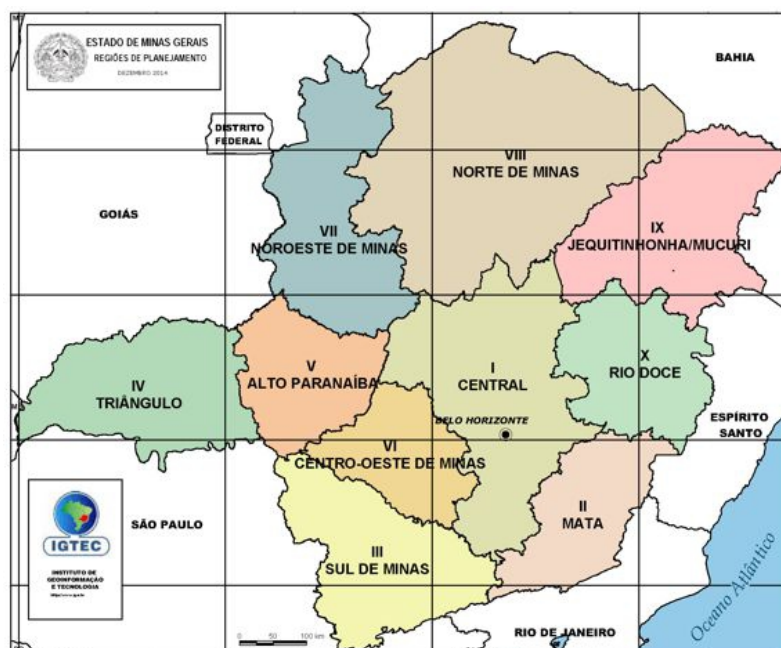


Figura 5.2. Regiões de planejamento do estado de Minas Gerais.
Fonte: Minas Gerais (2016).

No ano de 2015, a quantia de ICMS repassado para municípios mineiros foi de R\$ 7.641.525.684,00, portanto, a parcela de 1%, para compor o critério “Energia renovável e eficiência energética” corresponderia à R\$ 76.415.256,84 e cada um dos subcritérios (“Pequenas centrais hidrelétricas”; “Energia solar fotovoltaica”; “Energia eólica”; “Usinas termelétricas à biomassa”; e “Cogeração”) teria uma participação de 0,20%, o que equivaleria à R\$ 15.283.051,37.

5.3.2. Repasse de ICMS pelo novo critério energético

A seguir são apresentados os repasses hipotéticos de ICMS para cada um dos subcritérios do critério “Energia renovável e eficiência energética”.

Subcritério “Pequenas centrais hidrelétricas”

Ao final de abril de 2016, haviam 229 pequenas centrais hidrelétricas em operação em Minas Gerais. O repasse de ICMS pelo subcritério “Pequenas centrais hidrelétricas”, por municípios localizados em diferentes regiões de planejamento do estado de Minas Gerais é apresentado no Quadro 5.2.

Quadro 5.2. Repasse hipotético de ICMS pelo subcritério “Pequenas centrais hidrelétricas” para municípios presentes em diferentes regiões do estado de Minas Gerais

Região	Número de municípios	Potência total (kW)	Repasse total (R\$/ano)
Alto Paranaíba	8	30.306,00	541.026,49
Central	27	112.121,24	2.001.602,34
Centro-Oeste de Minas	14	39.148,40	698.882,11
Jequitinhonha/Mucuri	3	20.090,00	358.649,18
Mata	42	284.405,00	5.077.233,48
Noroeste de Minas	3	27.960,00	499.145,40
Norte de Minas	6	12.420,45	221.731,42
Rio Doce	20	201.025,40	3.588.730,48
Sul de Minas	31	75.674,97	1.350.958,99
Triângulo	7	52.940,00	945.091,47
Total	161	856.091,46	15.283.051,37

Nota: Potência instalada em operação em 20 de abril de 2016 (ANEEL, 2016).

A região Mata receberia maior parcela de ICMS por este subcritério, recebendo 33,2% dos R\$ 15.283.051,37, seguido pelas regiões Rio Doce (23,5%); Central (13,1%); Sul de Minas (8,8%); Triângulo (6,2%); Centro-Oeste de Minas (4,6%); Alto Paranaíba, (3,5%); Noroeste de Minas (3,3%); Jequitinhonha/Mucuri (2,3%); e Norte de Minas (1,5%).

Subcritério “Usinas termelétricas à biomassa”

Das 415 usinas termelétricas em operação no estado de Minas Gerais, ao final de abril de 2016, 62 utilizam alguma forma de biomassa como fonte de energia. O estado tem empregado bagaço de cana-de-açúcar, biomassa florestal, carvão vegetal, licor negro, resíduos agropecuários, resíduos florestais e resíduos sólidos urbanos para geração de energia elétrica. A localização destas usinas permitiria um repasse de ICMS pelo subcritério “usinas termelétricas à biomassa”, para municípios presentes em diferentes regiões de planejamento do estado de Minas Gerais, como apresentado no Quadro 5.3.

Quadro 5.3. Repasse hipotético de ICMS pelo subcritério “Usinas termelétricas à biomassa de energia elétrica” para municípios localizados em diferentes regiões do estado de Minas Gerais

Região	Número de municípios	Potência total (kW)	Repasse total (R\$/ano)
Alto Paranaíba	3	90.205,00	966.270,84
Central	3	38.775,05	415.356,14
Centro-Oeste de Minas	4	150.000,00	1.606.791,49
Jequitinhonha/Mucuri	1	4.200,00	44.990,16
Mata	1	4.278,00	45.825,69
Noroeste de Minas	3	121.760,00	1.304.286,21
Norte de Minas	1	56.000,00	599.868,82
Rio Doce	2	181.965,00	1.949.198,76
Sul de Minas	2	32.590,00	349.102,23
Triângulo	21	746.957,00	8.001.361,01
Total	41	1.426.730,05	15.283.051,35

Nota: Potência instalada em operação em 20 de abril de 2016 (ANEEL, 2016).

Os municípios da região Triângulo seriam os mais beneficiados por este subcritério, os quais juntos receberiam 52,4% dos recursos. Nesta região, é forte a atuação do setor sucroalcooleiro e grande parte das usinas termelétricas utilizam bagaço de cana de açúcar. Rio Doce aparecia em segundo lugar, com presença de usinas que empregam biomassa florestal e licor negro e captaria 12,8%, enquanto o terceiro lugar ficaria com Centro-Oeste de Minas com 10,5%, com destaque para de bagaço de cana de açúcar, biomassa florestal e resíduos florestais. O quarto, quinto, sexto, sétima, oitavo, nono e decimo lugar ficariam, respectivamente, com Noroeste de Minas (8,5%); Alto Paranaíba (6,3%); Norte de Minas (3,9%); Central (2,7%); Sul de Minas (2,3%); Mata (0,3%); Jequitinhonha/Mucuri (0,3%).

Subcritério “Cogeração”

Das 415 usinas termelétricas em operação no estado de Minas Gerais ao final de abril de 2016, apenas cinco empregavam cogeração. No Quadro 5.4 são apresentadas especificações destas usinas termelétricas, bem como os repasse possíveis de ICMS por este subcritério.

Quadro 5.4. Repasse hipotético de ICMS pelo subcritério “Cogeração” para municípios do estado de Minas Gerais

Município	Fonte principal	Potência (kW)	Repasse (R\$/ano)
Araxá	Derivados de petróleo	23.000,00	1.241.887,97
Ouro Branco	Carvão mineral	102.890,00	5.555.558,85
Ipatinga	Gás natural	103.155,00	5.569.867,56
Campo Florido	Bagaço de cana de açúcar	30.000,00	1.619.853,88
Iturama	Bagaço de cana de açúcar	24.000,00	1.295.883,10
Total		283.045,00	15.283.051,37

Nota: Potência instalada em operação em 20 de maio de 2016 (ANEEL, 2016).

Ipatinga (região Rio Doce) e Ouro Branco (Central) seriam os municípios que receberiam maior repasse por este subcritério, com aproximadamente 36,4% para cada um deles. Campo Florido (Triângulo) ficaria com 10,6%, enquanto Iturama (Triângulo) e Araxá (Alta Paranaíba) com cerca de 8% cada um deles. As usinas presentes em Campo Florido e Iturama empregam fontes renováveis de energia, o que faz que as potências das mesmas também sejam contabilizadas pelo subcritério apresentado anteriormente - “Usinas termelétricas à biomassa”.

Subcritério “Energia solar fotovoltaica”

Existiam três usinas solares fotovoltaicas em operação no estado de Minas Gerais ao final de abril de 2016. As especificações destas usinas e os repasse hipotéticos de ICMS por este subcritério são apresentados no Quadro 5.5.

Quadro 5.5. Repasse hipotético de ICMS pelo subcritério “Energia solar fotovoltaico” para municípios do estado de Minas Gerais

Município	Potência (kW)	Repasse (R\$)
Belo Horizonte	1.418,40	10.424.872,59
Passa Quatro	6,00	44.098,45
Uberlândia	655,00	4.814.080,33
Total	2.079,40	15.283.051,37

Nota: Potência instalada em operação em 20 de maio de 2016 (ANEEL, 2016).

Dessa forma, haveria inicialmente uma grande concentração de repasse de recursos por este subcritério para Belo Horizonte (região Central), igual a 68,1%, referente ao sistema solar fotovoltaico instalado no Estádio de Futebol Mineirão. Os municípios de Uberlândia (Triângulo) e Passa Quatro (Sul de Minas) ficariam com respectivamente 31,5% e 0,3% dos recursos destinados a este subcritério energético.

Subcritério “Energia eólica”

Até final de abril de 2016, havia apenas uma usina eólica em operação no estado de Minas Gerais, localizada no município de Iturama, na região do Triângulo, com potência instalada de 156 kW (ANEEL, 2016). Deste modo, este município receberia sozinho o ICMS destinado ao subcritério “Energia eólica”, ou seja, R\$ 15.283.051,37.

Critério “Energia renovável e eficiência energética”

O critério “Energia renovável e eficiência energética” permitiria o repasse de recursos financeiros à atualmente 191 municípios de Minas Gerais, o que corresponde à cerca de 22% dos municípios do estado. Apenas o subcritério “Pequenas centrais hidrelétricas” beneficiaria 161 municípios, o que se deve principalmente ao fato de Minas Gerais ser um dos estados que mais usa este tipo de fonte de energia renovável.

Ao se considerar uma participação de 1% para o critério “Energia renovável e eficiência energética”, seria possível um repasse de R\$ 76.415.256,84. A distribuição deste recurso, para municípios presentes em diferentes regiões de planejamento do estado de Minas Gerais, é apresentada na Figura 5.3.

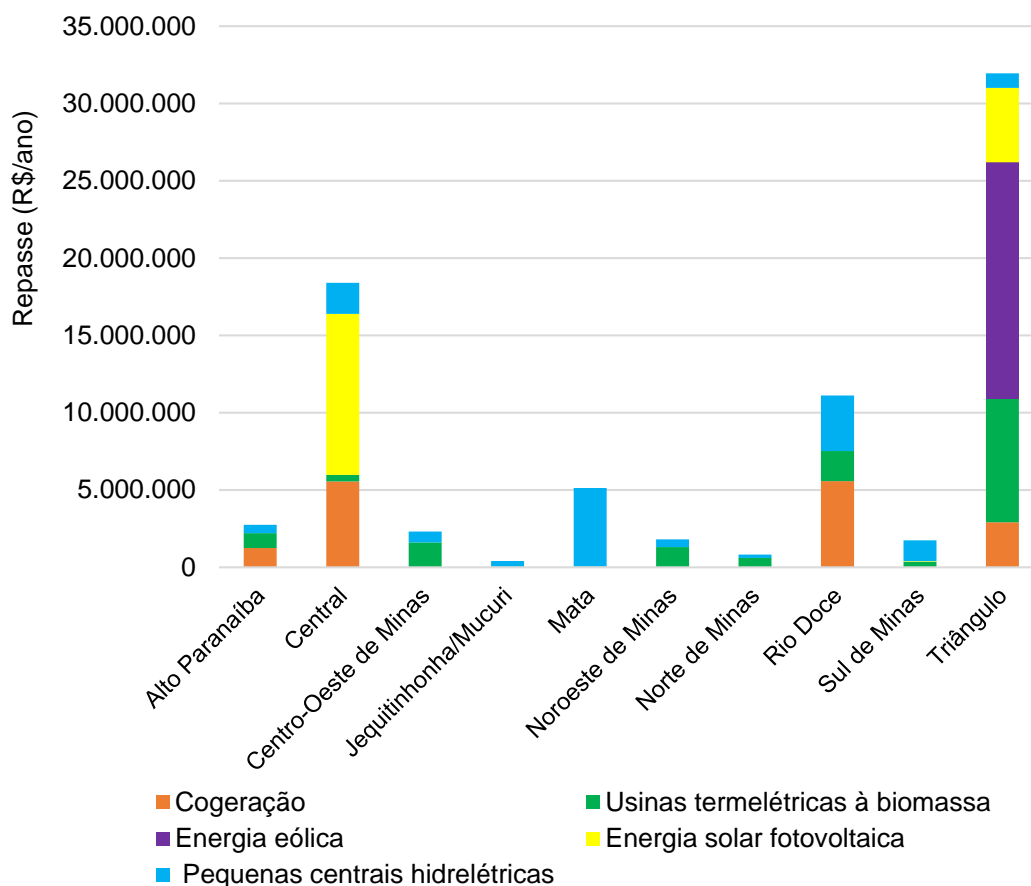


Figura 5.3. Repasse hipotético de ICMS pelo critério “Energia renovável e eficiência energética” para municípios localizados em diferentes regiões de Minas Gerais

A região Triângulo seria a que apresentaria maior recebimento de recursos pelo critério “Energia renovável e eficiência energética”, com participação de 41,8%, seguidos por Central (24,1%); Rio Doce (14,5%); Mata (6,7%); Alto Paranaíba (3,6%); Centro-Oeste de Minas (3,0%); Noroeste de Minas (2,4%); Sul de Minas (2,3%); Norte de Minas (1,1%); e Jequitinhonha/Mucuri (0,5%). O maior recebimento da região Triângulo se deve principalmente ao fato desta região abranger o único município que captaria pelo subcritério “Energia eólica”, recebendo sozinho um quinto dos recursos destinados ao critério energético. Além disso, esta região é a que receberia maior parte dos recursos pelo critério “Usinas termelétricas à biomassa”.

A redução de 2% para 1% do critério “População dos 50 municípios mais populosos” para compor o critério “Energia renovável e eficiência energética”, em Minas Gerais, implicaria em uma perda total bruta de R\$ 76.415.256,84 dos 50 municípios mais populosos. Porém, destes 50

municípios, 27 receberiam juntos um montante de R\$ 29.397.355,56 pelo critério “Energia renovável”, o que levaria uma perda total líquida de R\$ 47.017.901,28. Quando se analisa a redução de ICMS total recebido pelos municípios beneficiados pelo critério “População dos 50 municípios mais populosos” em 2015, enquanto que a inclusão do critério “Energia renovável e eficiência energética” implicaria em uma perda bruta de 1%, a perda líquida somada destes municípios seria de apenas 0,6%.

5.4. Impactos do critério “Energia renovável e eficiência energética” no estado do Espírito Santo

5.4.1. Premissas para cálculo de repasse de ICMS pelo novo critério energético

Atualmente, o repasse de ICMS aos municípios do estado do Espírito Santo é feito com base nos critérios apresentados no Quadro 5.6.

Quadro 5.6. Critérios para repasse de ICMS aos municípios no estado do Espírito Santo

Critérios	Percentual (%)
Valor Adicionado Fiscal (VAF)	75,0
Área geográfica	5,0
Número de propriedades rurais	7,0
Comercialização de produtos agrícolas e hortigranjeiros	6,0
Igualitariamente dividido entre municípios com os 10 maiores VAF que estejam enquadrados na condição de gestão mais avançada do Sistema Municipal de Saúde	0,5
Igualitariamente dividido entre os Municípios que estejam enquadrados na condição de gestão mais avançada do Sistema Municipal de Saúde	2,5
Gastos com saúde pública e saneamento básico	3,0
Igualitariamente dividido entre os municípios participantes do consórcio para prestação de serviços de saúde	1,0
Total	100,0

Fonte: Espírito Santo (1996); Espírito Santo (1997).

Para fins de composição do critério “Energia renovável e eficiência energética”, será tomado como base uma participação de 1% do ICMS pertencentes aos municípios, como foi considerado para o estado de Minas Gerais. Sugere-se que 0,5% deste percentual seja extraído do critério

“Iguatariamente dividido entre municípios com os 10 maiores VAF que estejam enquadrados na condição de gestão mais avançada do Sistema Municipal de Saúde” e os outros 0,5% do critério “Iguatariamente dividido entre os Municípios que estejam enquadrados na condição de gestão mais avançada do Sistema Municipal de Saúde”.

Pela lei atual, cada município só pode receber por um destes dois critérios, ou seja, os municípios que recebem pelo critério “Iguatariamente dividido entre municípios com os 10 maiores VAF que estejam enquadrados na condição de gestão mais avançada do Sistema Municipal de Saúde” não recebem pelo critério “Iguatariamente dividido entre os Municípios que estejam enquadrados na condição de gestão mais avançada do Sistema Municipal de Saúde”. Sugere-se, então, a extinção do primeiro deles e que o segundo seja distribuído entre todos os municípios do estado se enquadram na condição de gestão mais avançada do Sistema Municipal de Saúde. Faz-se a recomendação de extinguir o primeiro porque ele beneficia municípios que recebem maior parte pelo critério “Valor Adicionado Fiscal”, o qual já possui participação de 75% do ICMS destinados aos municípios. A sugestão em relação a redução da participação do segundo critério deve-se ao fato de já existir outros dois critérios que contemplam o tema saúde - “Gastos com saúde pública e saneamento básico” e “Iguatariamente dividido entre os municípios participantes do consórcio para prestação de serviços de saúde”.

Os municípios que se beneficiaram do critério “Iguatariamente dividido entre municípios com os 10 maiores VAF que estejam enquadrados na condição de gestão mais avançada do Sistema Municipal de Saúde”, no ano de 2014, foram Anchieta, Aracruz, Cachoeiro de Itapemirim, Cariacica, Colatina, Itapemirim, Linhares, Serra, Vila Velha e Vitória. Quatro destes municípios se encontram na região Metropolitana, três na região Central e outros três na região Sul, não havendo, portanto, nenhum município do Norte do estado entre os dez maiores arrecadadores de ICMS. A localização das macrorregiões do estado do Espírito Santo é apresentada na Figura 5.4.

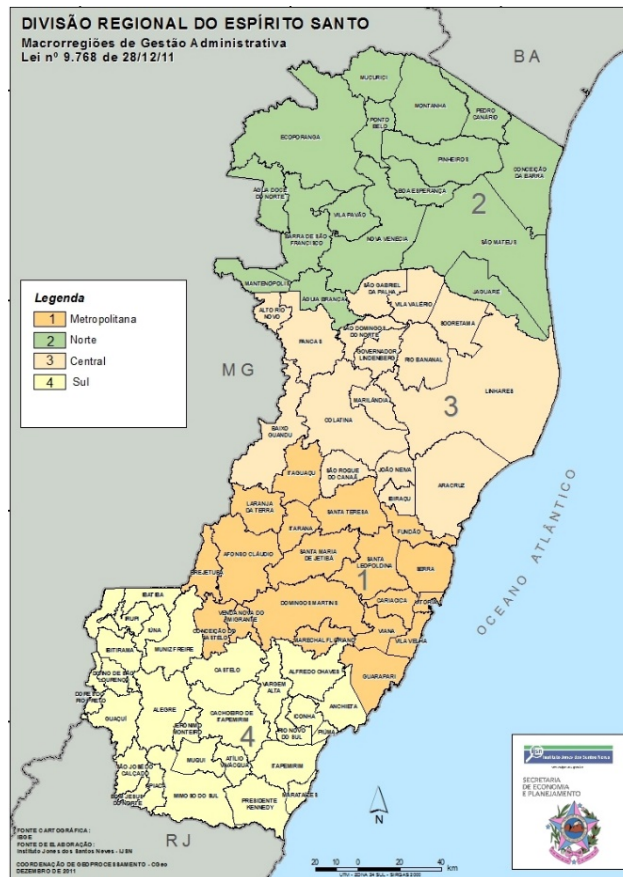


Figura 5.4. Macrorregiões de gestão administrativa do estado do Espírito Santo.

Fonte: Espírito Santo (2016).

No ano de 2014, o valor total de ICMS repassado aos municípios do estado do Espírito Santo foi de R\$ 2.226.302.749,79,00, portanto, a parcela de 1%, para compor o critério “Energia renovável e eficiência energética”, corresponderia à R\$ 22.263.027,50.

Diferente do estado de Minas Gerais que possui municípios atualmente aptos a receber pelos cinco subcritérios energéticos considerados na simulação, “Pequenas centrais hidrelétricas”; “Usinas termelétricas à biomassa”; “Cogeração”; “Energia solar fotovoltaica”; e “Energia eólica”, no estado do Espírito Santo, haveria municípios que captariam atualmente apenas pelos três primeiros subcritérios. Assim, para a análise de repasse pelo critério “Energia renovável e eficiência energética” no Espírito Santo, foi considerado apenas os subcritérios “Pequenas centrais hidrelétricas”; “Usinas termelétricas à biomassa”; e “Cogeração”, com participação de, respectivamente, o de 0,34%; 0,33% e 0,33%, o que equivaleria à R\$ 7.569.429,35; R\$ 7.346.799,07; e R\$ 7.346.799,07, com base no repasse de ICMS no ano de 2014.

5.4.2. Repasse de ICMS pelo novo critério energético

Subcritério “Pequenas centrais hidrelétricas”

No início de maio de 2016, haviam 20 pequenas centrais hidrelétricas, em operação no estado do Espírito Santo. Estas usinas estavam localizadas em 11 municípios e permitiriam um repasse de ICMS pelo subcritério “Pequenas centrais hidrelétricas”, conforme apresentado no Quadro 5.7.

Quadro 5.7. Repasse hipotético de ICMS pelo subcritério “Pequenas centrais hidrelétricas” para municípios do estado do espírito Santo

Município	Potência (kW)	Repasse (R\$)
Alegre	58.476,0	2.206.508,16
Alfredo Chaves	21.000,0	792.404,94
São José do Calçado	10.000,0	377.335,69
Cachoeiro de Itapemirim	8.736,0	329.640,46
Castelo	12.500,0	471.669,61
Conceição do Castelo	17.000,0	641.470,67
Domingos Martins	34.840,0	1.314.637,53
Dores do Rio Preto	2.250,0	84.900,53
Itapemirim	3.800,0	143.387,56
Mimoso do Sul	9.500,0	358.468,90
Santa Maria de Jetibá	22.500,0	849.005,30
Total	200.602,0	7.569.429,35

Nota: Potência instalada em operação em 02 de maio de 2016 (ANEEL, 2016).

Onze municípios receberiam recursos pelo subcritério “Pequenas centrais hidrelétricas”, estando oito deles localizados na região Sul e três na região Metropolitana. Estas regiões são as mais montanhosas do estado e propiciam melhor aproveitamento hidrelétrico. O município de Alegre seria o que mais se beneficiaria, possuindo três usinas e concentrando 29,2% dos recursos destinados a este subcritério. Domingos Martins e Santa Maria de Jetibá ficariam em segundo e terceiro lugar, respectivamente, recebendo 17,4% e 11,2% dos recursos.

Subcritério “Usinas termelétricas à biomassa”

Das 32 usinas termelétricas em operação no estado do Espírito Santo no início de abril de 2016, cinco utilizavam como fonte de energia alguma forma

de biomassa. A localização destas usinas permitiria um repasse de ICMS pelo subcritério “Usinas termelétricas à biomassa”, como apresentado no Quadro 5.8.

Quadro 5.8. Repasse hipotético de ICMS pelo subcritério “Usinas termelétricas à biomassa” para municípios do estado do Espírito Santo

Município	Fonte	Potência (kW)	Repasse (R\$)
Aracruz	Licor negro	210.400,0	6.677.177,21
Itapemirim	Bagaço de cana de açúcar	3.200,0	101.554,03
Conceição da Barra	Bagaço de cana de açúcar	11.200,0	355.439,09
João Neiva	Carvão Vegetal	3.500,0	111.074,72
Linhares	Bagaço de cana de açúcar	3.200,0	101.554,03
Total		231.500,0	7.346.799,07

Nota: Potência instalada em operação em 20 de abril de 2016 (ANEEL, 2016).

O município de Aracruz, localizado na região Central, seria o município que mais se beneficiaria por este subcritério, concentrando 90,9% dos recursos, o qual possui forte presença do setor de Papel e Celulose. O município de Conceição da Barra (Norte) receberia 4,8% dos recursos, seguida por João Neiva (Central), com 1,5%, e Itapemirim (Sul) e Linhares (Central), com 1,4% cada um deles.

Subcritério “Cogeração”

Das 32 usinas termelétricas em operação no estado do Espírito Santo no início de maio de 2016, apenas duas possuíam cogeração. As especificações destas usinas e o repasse de ICMS que seria possível por este subcritério são apresentadas no Quadro 5.9.

Quadro 5.9. Repasse hipotético de ICMS pelo subcritério “Cogeração em operação” para municípios do estado do Espírito Santo

Município	Fonte	Potência (kW)	Repasse (R\$)
Serra	Gás Natural	5.110,00	4.434.984,44
Vila Velha	Gás Natural	3.355,0	2.911.814,64
Total		8.465,00	7.346.799,07

Nota: Potência instalada em operação em 20 de abril de 2016 (ANEEL, 2016).

O município da Serra ficaria com 60,4% dos recursos destinados à este subcritério, enquanto Vila Velha com 39,6%, os dois situados na região Metropolitana.

Critério “Energia renovável e eficiência energética”

O repasse de ICMS pelo critério “Energia renovável e eficiência energética” permitiria o repasse de recursos à 17 municípios, dos 78 municípios existentes no estado do Espírito Santo, o que corresponde à cerca de 22% do total. O repasse hipotético de ICMS pelo critério energético proposto é apresentado na Figura 5.5.

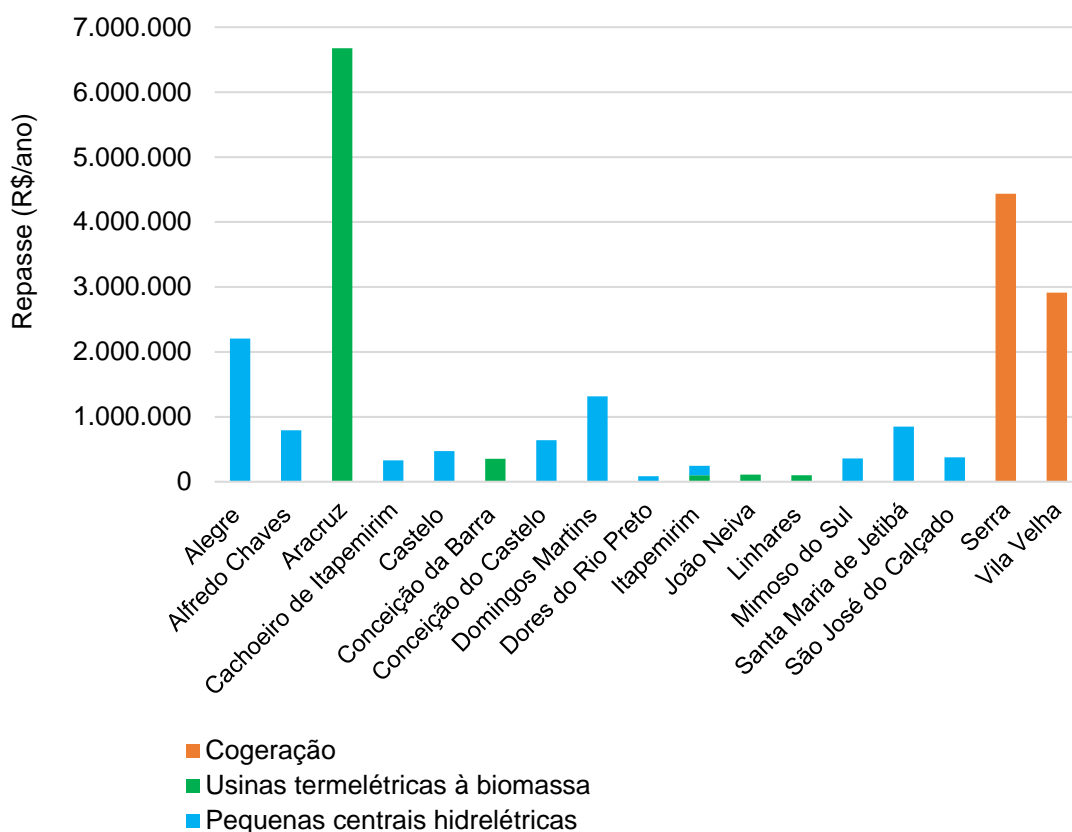


Figura 5.5. Repasse hipotético de ICMS pelo critério “Energia renovável e eficiência energética (EREE)” para municípios do estado do Espírito Santo.

A presença de usinas hidrelétricas é predominante nas regiões Sul e Metropolitana, enquanto que as usinas termelétricas à biomassa nas regiões Central e Norte e de usinas termelétricas com cogeração na região

Metropolitana. O município de Aracruz seria o município que receberia maior parte dos recursos, com 30,0% do total, seguido por Serra, 19,9%, e Vila Velha, 13,1%.

Quanto aos impactos no repasse dos municípios que receberam pelo critério “Iguitalitariamente dividido entre municípios com os 10 maiores VAF que estejam enquadrados na condição de gestão mais avançada do Sistema Municipal de Saúde” em 2014, o quais poderiam ser mais prejudicados pela inclusão do critério energético, o que foi visto foi uma um ganho conjunto dos mesmos. Isto devido ao fato de seis destes dez municípios captariam pelo critério “Fonte renováveis de energia e eficiência energética” - Aracruz; Cachoeiro de Itapemirim; Cariacica; Colatina; Itapemirim; Linhares; Serra; e Vila Velha. A inclusão do critério “Energia renovável e eficiência energética” implicaria em uma perda bruta total de 0,5% e um ganho perda total líquida de 0,7% destes dez municípios.

5.4. Conclusão

A inclusão do critério “Energia renovável e eficiência energética” no repasse de ICMS nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, com participação de 1% do ICMS destinados aos municípios, representaria uma cota de R\$ 76.415.256,84 e R\$ 22.263.027,50 para, respectivamente, Minas Gerais e Espírito Santo, com base nos últimos valores disponibilizados por estes estados.

Este novo critério permitiria beneficiar, atualmente, 191 municípios mineiros e 17 municípios capixabas, o que equivale à aproximadamente 22% do número de municípios de cada estado. Em Minas Gerais haveria municípios aptos a receber pelos subcritérios “Pequenas centrais hidrelétricas”, “Usinas termelétricas à biomassa”, “Cogeração”, “Energia solar fotovoltaico” e “Energia eólica”, enquanto que no Espírito Santo, haveria municípios aptos a receber por apenas os critérios três primeiros subcritérios.

A sugestão de se incluir o critério “Energia renovável e eficiência energética” por meio da redução do critério “População dos 50 municípios mais populosos” em Minas Gerais e dos critérios “Iguitalitariamente dividido entre municípios com os 10 maiores VAF que estejam enquadrados na condição de

gestão mais avançada do Sistema Municipal de Saúde” e “Iguatariamente dividido entre os Municípios que estejam enquadrados na condição de gestão mais avançada do Sistema Municipal de Saúde” no estado do Espírito Santo permitiria a inclusão do novo critério sem grandes perdas aos municípios que se beneficiam por critérios que receberiam cortes. Isto ocorreria porque muitos destes municípios arrecadariam pelo critério “Energia renovável e eficiência energética”, ponto este importante para incentivar o poder legislativo estadual para atualizar suas legislações para incluir o critério energético proposto.

Portanto, a inclusão do critério “Energia renovável e eficiência energética” no repasse de ICMS aos municípios dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo poderia promover o uso mais sustentável dos recursos energéticos, com ganho de aumento de independência energética estadual, o que seria interessante também do ponto de vista de planejamento estratégico, uma vez que estes estados possuem grande dependência externa de energia elétrica.

5.5 Referências bibliográficas

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de Informações de Geração**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/>. Acesso em: 21 de abril de 2016.

ASPE - Agência Estadual de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo. **Balanco Energético do Estado do Espírito Santo 2015**: ano Base 2014. Vitória: ASPE, 2015.

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais. **29º Balanco Energético do Estado de Minas Gerais 2014**: ano base 2013. Belo Horizonte: CEMIG, 2015.

EPE - Empresa Brasileira de Energia. **Balanco Energético Nacional 2015**: ano base 2014. Rio de Janeiro: EPE, 2015.

Espírito Santo. Lei nº 5.344, de 19 de dezembro de 1996. Altera a distribuição de ICMS - Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação aos Municípios do Estado. Vitória: **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**, 1997.

Espírito Santo. Lei nº 5.399, de 25 de junho de 1997. Dá nova redação à alínea "d", do inciso II, da Lei Nº 4.288, de 29 de novembro de 1989, com a nova redação dada pela Lei Nº 5.344, de 20 de dezembro de 1996. Vitória: **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**, 1997.

Espírito Santo. **Mapas.** Disponível em: <http://www.es.gov.br/EspiritoSanto/Paginas/mapas.aspx>. Acesso em: 30 de abril de 2016.

FJP - Fundação João Pinheiro. **Lei Robin Hood.** Disponível em: <http://www.fjp.mg.gov.br/robin-hood/>. Acesso em: 28 de abril de 2016.

Minas Gerais. Lei n.º 18.030, de 12 de janeiro de 2009. Dispõe sobre a distribuição da parcela da receita do produto da arrecadação do ICMS pertencente aos Municípios. Belo Horizonte: **Diário Oficial do Estado**, 2009.

Minas Gerais. **Regiões de Planejamento.** Disponível em: <https://www.mg.gov.br/>. Acesso em: 15 de abril de 2016.

Nadir Júnior, A. M.; Salm, J. F.; Menegasso, M. E. Estratégias e ações para a implementação do ICMS ecológico por meio da co-produção do bem público. **Revista de Negócios**, v. 12, n. 3, p. 62-73, 2007.

The Nature Conservancy. **ICMS Ecológico.** Disponível em: <http://www.icmsecologico.org.br>>. Acesso em: 02 de abril de 2016.

6. Estudo comparativo dos programas de certificação de eficiência energética de edifícios em vigor no Brasil e na Espanha

Resumo

Vários países têm incentivado o uso de fontes renováveis de energia e de medidas de eficiência energética para reduzir a dependência de combustíveis fósseis e as emissões de gases de efeito estufa. Diferentes instrumentos legais têm sido empregados para diminuir a demanda de energia dos edifícios, incluindo normas reguladoras e programas de certificação de eficiência energética. O objetivo deste capítulo foi avaliar os programas de certificação de eficiência energética de edifícios em vigor no Brasil e na Espanha. Verificou-se que existem diferenças marcantes entre os dois programas estudados, entre elas: os tipos de edifícios sujeitos à certificação obrigatória, o indicador principal de eficiência energética, o tempo de validade do certificado e os agentes envolvidos no processo de certificação. O programa espanhol se encontra em um estágio mais consolidado que o brasileiro, quanto à metodologia utilizada e sua difusão no setor da construção civil. Entre os parâmetros presentes no modelo espanhol que poderiam ser incorporadas no brasileiro, estão: programas computacionais de referência para avaliação de desempenho energético, quantificação de emissões de dióxido de carbono e recomendação de melhorias de eficiência energética para os edifícios certificados. Estudos de viabilidade econômica das melhorias de eficiência energética tem sido requeridos de forma voluntária pelo programa espanhol, ficando a cargo do técnico responsável pelo processo incluí-los ou não no relatório entregue ao proprietário do edifício certificado. Portanto, para os dois países estudados, recomenda-se que seja exigido de forma compulsória os estudos de viabilidade econômica das melhorias de desempenho energético, a fim de aumentar os impactos dos programas de certificação de eficiência energética de edifícios.

Palavras-chave: políticas de incentivo, conservação de energia, etiqueta, construção civil, emissões de CO₂.

6.1 Introdução

A partir da década de 1970, vários governos começaram a incentivar o uso de medidas de eficiência energética e fontes renováveis de energia em resposta às crises internacionais do petróleo (Grossman, 2015). Além disso, com a crescente preocupação com as questões ambientais, medidas de conservação de energia têm sido implementadas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa à atmosfera (Moutinho et al., 2015).

O consumo de energia por parte das edificações tem apresentado um grande aumento nas últimas décadas, devido à crescente urbanização e a melhoria das condições de conforto no interior das construções. Em países desenvolvidos, os edifícios respondem por 20 a 40% do consumo final de energia, superando o consumo dos setores da indústria e dos transportes em alguns casos (Pérez-Lombard et al., 2008). Os edifícios residenciais, comerciais e públicos apresentam consumo energético de 31% na Espanha e de 16% no Brasil (IEA, 2015). Para agravar o problema, os edifícios representam um terço das emissões globais de gases de efeito estufa de origem antropogênica no mundo (Ürge-Vorsatz; Novikova, 2008).

Vários instrumentos legais têm sido utilizados para promover a conservação de energia dos edifícios, incluindo normas técnicas reguladoras e programas de certificação de eficiência energética. Normas reguladoras são utilizadas para estabelecer níveis mínimos aceitos de desempenho energético para o setor construtivo, enquanto que programas de certificação são essencialmente mecanismos de mercado, cujo principal objetivo é promover o uso de níveis de eficiência energética superiores aos exigidos pelas normas reguladoras (Casals, 2006).

Nos últimos anos, dezenas de países lançaram programas voluntários e obrigatórios de certificação de eficiência energética de edifícios, entre eles Espanha, Portugal, Itália, Reino Unido, Alemanha, Brasil, Estados Unidos, Canadá e Austrália. A Espanha lançou seu programa de certificação de edifícios em 2007, enquanto que o Brasil, em 2009 (Espanha, 2007; Brasil, 2009). Neste contexto, o objetivo deste estudo foi comparar e avaliar

programas de certificação de eficiência energética de edifícios em vigor na Espanha e no Brasil.

6.2 Certificação de eficiência energética de edifícios

6.2.1. Espanha

A redução do consumo de energia por edifícios é um dos principais objetivos europeus em matéria de energia e clima. Estes objetivos têm sido firmados por meio da promulgação de diretivas do Parlamento Europeu, estando entre as mais importantes a Diretiva 2002/91/CE (Comissão Europeia, 2002), a Diretiva 31/2010/EU (Comissão Europeia, 2010) e a Diretiva 27/2012/EU (Comissão Europeia, 2012). Estas diretrizes tem promovido a criação de diferentes mecanismos de incentivo à conservação de energia em edifícios na Espanha.

O governo espanhol lançou seu programa de certificação de eficiência energética para edifícios em 2007, por meio do Decreto Real 47 (Espanha, 2007). Cinco anos depois, este foi revogado pelo Real Decreto 235 (Espanha, 2013), pelo qual ampliou-se o âmbito de aplicação da certificação para todos os edifícios, incluindo além dos edifícios novos, os existentes. Ainda em 2013, foi promulgada a Portaria FOM 1635 (Espanha, 2013b) pela qual se atualizou o Código Técnico de Edificação (CTE), incluindo-se novas exigências quanto ao uso de fontes renováveis de energia e medidas de eficiência energética em edifícios na Espanha.

Entre as diretrizes presentes no Decreto Real 235/2013 está a obrigatoriedade de se disponibilizar um certificado de eficiência energética, o qual deve conter uma informação objetiva sobre a o desempenho do edifício, para que os proprietários ou arrendatários do edifício, possam comparar e avaliar o nível de eficiência energética de diferentes imóveis. O processo para certificar um edifício é composto pelos passos apresentados na Figura 6.1, a depender se é um edifício novo ou existente.

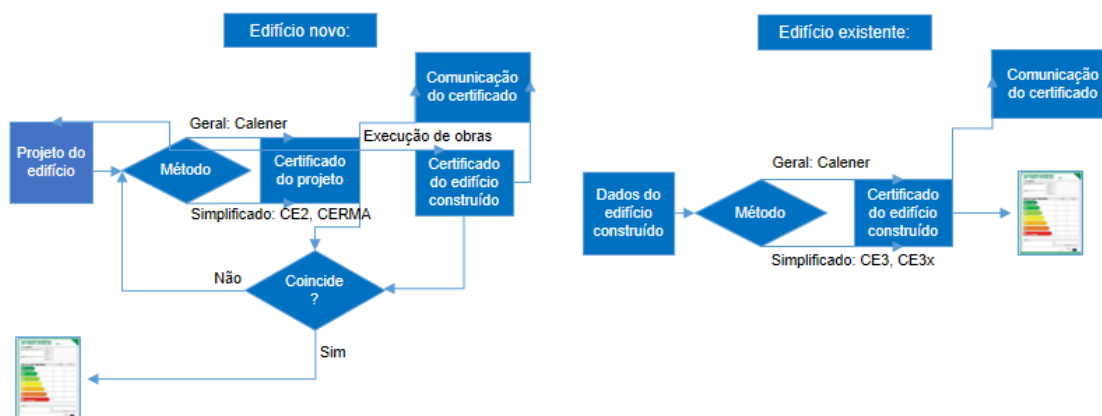


Figura 6.1. Procedimentos da certificação de eficiência energética de edifícios na Espanha.

A classificação de eficiência energética é feita por meio da análise de vários indicadores de desempenho energético e ambiental. Estes indicadores são obtidos considerando-se a energia consumida pelo edifício para satisfazer, em condições climáticas determinadas, as necessidades associadas as condições normais de funcionamento e ocupação, que inclui, entre outros aspectos, a energia consumida para aquecimento e refrigeração de ambientes, ventilação, produção de água quente e iluminação, a fim de se manter as condições de conforto térmico, lumínico e qualidade do ar interior.

O indicador principal para determinar o nível de eficiência energética de um edifício corresponde às emissões anuais de dióxido de carbono. Os indicadores complementários são, por ordem, de prioridade os seguintes:

- a) Energia primária não renovável anual; energia primária total anual;
- b) Porcentagem de energia primária anual procedente de fontes renováveis de energia na energia primária total anual;
- c) Energia primária anual procedente de fontes renováveis;
- d) Energia primária total anual separada por usos de aquecimento de ambientes, refrigeração de ambientes, produção de água quente sanitária e iluminação;
- e) Demanda energética anual de aquecimento de ambientes;
- f) Demanda energética anual de refrigeração de ambientes;
- g) Emissões anuais de dióxido de carbono, separada por usos de aquecimento de ambientes, refrigeração de ambientes, produção de água quente sanitária e iluminação.

Para determinar o nível de eficiência energética do edifício, a metodologia contempla o cálculo do consumo de energia final hora a hora, mediante o cálculo da demanda horária e o cálculo do rendimento médio horário dos sistemas que cobrem as necessidades energéticas descritas anteriormente. Os programas computacionais a serem utilizados no processo de certificação de edifícios, para o cálculo do nível de eficiência energética, devem considerar os seguintes aspectos:

- a) Localização, desenho e orientação do edifício;
- b) Condições ambientais interiores e condições climáticas exteriores;
- c) Características térmicas da envoltória, tendo em conta a capacidade térmica, o isolamento, aquecimento passivo, elementos de refrigeração e pontos térmicos;
- d) Sistemas solares passivos e proteção solar;
- e) Instalações térmicas e sistemas de aquecimento e refrigeração; incluindo as características de isolamento de tubos e dutos;
- f) Ventilação natural e mecânica;
- g) Instalação de iluminação interior artificial;
- h) Iluminação natural;
- i) Sistemas solares ativos e outros sistemas de aquecimento e produção de eletricidade por fontes renováveis de energia; e
- j) Eletricidade produzida por cogeração.

Os programas computacionais que podem ser empregados no processo de certificação energética de edifícios dependem se o edifício é novo ou existente e da tipologia da edificação, conforme apresentado na Figura 6.2.

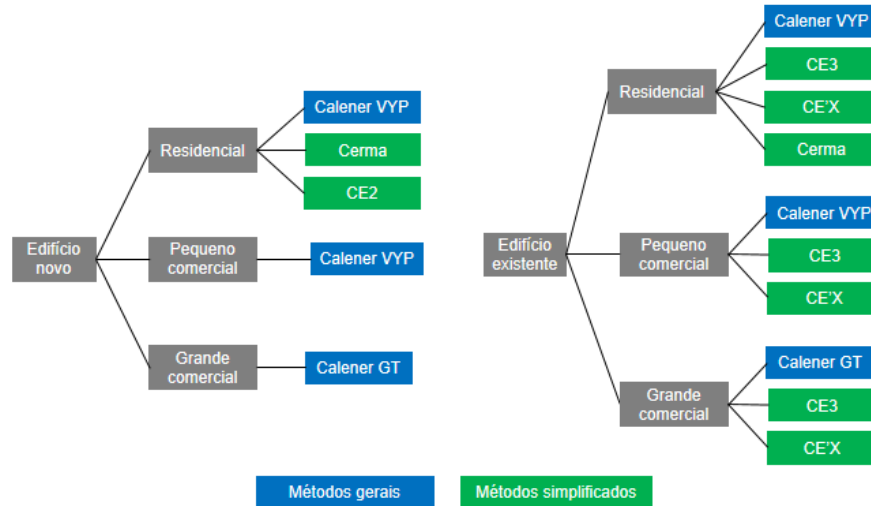


Figura 6.2. Programas reconhecidos para a realização da certificação energética dos edifícios em Espanha.

O resultado final da análise de eficiência energética do edifício é refletido e resumido em um relatório que enumera aspectos técnicos para preparar o certificado. Este relatório deve ser elaborado por um técnico competente, entre eles arquitetos e engenheiros, com registro habilitado na jurisdição competente. Junto ao relatório, é fornecida ao proprietário do edifício a etiqueta de eficiência energética. Na Figura 6.3 é apresentado o modelo oficial da etiqueta de eficiência energética para edifícios. A etiqueta deve ser exposta para a venda e/ou aluguel do imóvel e tem período de validade de 10 anos. Nesta etiqueta, se pode observar o nível de eficiência energética do edifício, em emissões de $\text{CO}_2/\text{m}^2/\text{ano}$ e em consumo de energia primária, $\text{kWh}/\text{m}^2/\text{ano}$.

CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA DO EDIFÍCIO CONSTRUÍDO ETIQUETA

DADOS DO EDIFÍCIO

Normativa vigente: Tipo de edifício:

Referência cadastral: Endereço:

Município:

Código postal:

Unidade autónoma:

ESCALA DE QUALIFICAÇÃO ENERGÉTICA

Qualificação	Consumo de energia (kWh/m ² ano)	Emissões (kgCO ₂ /m ² ano)
A mais eficiente		
B		
C		
D		
E		
F		
G menos eficiente		

REGISTRO

Validade até:

Espanha
Diretiva 2010/31/EU

Figura 6.3. Modelo de etiqueta de eficiência energética de edifícios em uso na Espanha.

Fonte: MINETUR (2015), traduzido para o português.

6.2.2 Brasil

No Brasil, os esforços para promover a conservação de energia em edifícios começaram a ocorrer de forma mais efetiva na década de 2000, quando foi publicada a Lei 10.295 (Brasil, 2001a), a qual lançou a Política Nacional para a Conservação e Uso Racional Energia. Por esta lei, se estabeleceu que o poder executivo ficaria responsável em desenvolver mecanismos que promovessem a eficiência energética de máquinas e equipamentos fabricados e comercializados no país, bem como das edificações construídas. No mesmo ano, foi publicada o Decreto 4.059 (Brasil, 2011b), o qual regulamentou a Lei10.295/2011 ao estabelecer que “os níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país, bem como as edificações construídas, serão estabelecidos com base em indicadores técnicos e regulamentação específica a ser fixada nos termos deste decreto” (BRASIL, 2001).

O governo lançou o programa de certificação de eficiência energética para edifícios comerciais, públicos e de serviços em 2009, e para os edifícios

residenciais, em 2010. A certificação de edifícios é realizada pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) em parceria com o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), como parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). O PBE avalia o desempenho energético de dezenas de produtos comercializados no Brasil, incluindo eletrodomésticos, aparelhos hidrossanitários, edifícios e automóveis.

A metodologia empregada para avaliar o desempenho energético dos edifícios estão descritos na Portaria INMETRO 372: Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C) (Brasil, 2010) e na Portaria INMETRO 18: Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (Brasil, 2012). Um diagrama do processo de certificação de eficiência energética de edifícios no Brasil é apresentado na Figura 6.4.

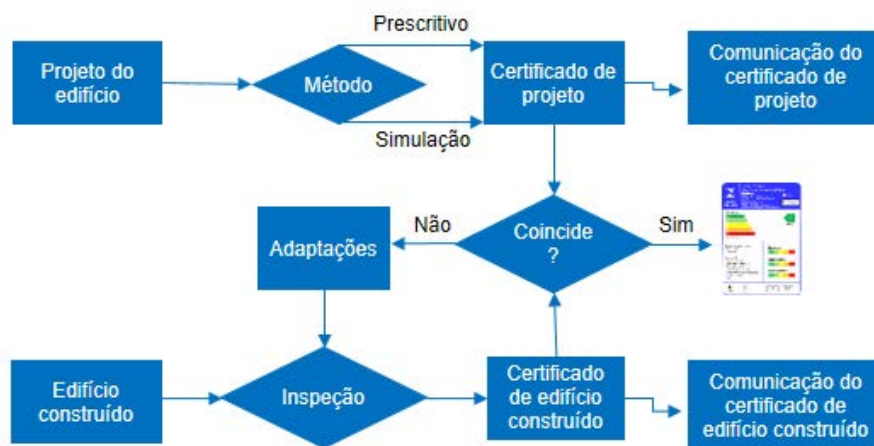


Figura 6.4. Processo de certificação de eficiência energética de edifícios no Brasil.

O processo de certificação de edifícios é realizado mediante duas etapas consecutivas: Etapa de Projeto e Etapa de Edifício Construído. Com a Etapa de Projeto tem-se como finalidade avaliar o nível de eficiência energética do edifício com base em documentos técnicos, incluindo as plantas arquitetônicas e memoriais descritivos e de cálculos. São avaliadas características físicas e desempenho energético da envoltória e de sistemas consumidores de energia presentes na edificação, incluindo os sistemas de

iluminação, de condicionamento artificial de ar e de aquecimento de água sanitária. Esta etapa pode ser realizada por meio do método prescritivo ou método de simulação. Pelo método prescritivo, o nível de eficiência energética do edifício é determinado mediante a aplicação de equações matemáticas. A equação geral utilizada para calcular o nível de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas é dada pela Equação (6.1).

$$P_T = \frac{0,30\{(Eq_{NumEnv} \frac{A_C}{A_U}) + (5A_{PT}/A_U + A_{NC}/A_U Eq_{NumV})\} + 0,30(Eq_{NumDPI})}{0,40\{(Eq_{NumCA} \frac{A_C}{A_U}) + (5A_{PT}/A_U + A_{NC}/A_U Eq_{NumV})\} + b} \quad (6.1)$$

Em que:

- P_T : pontuação total obtida pelo edifício;
- Eq_{NumEnv} : equivalente numérico da envoltória;
- Eq_{NumDPI} : equivalente numérico do sistema de iluminação;
- Eq_{NumCA} : equivalente numérico dos ambientes condicionados artificialmente;
- Eq_{NumV} : equivalente numérico dos ambientes com ventilação natural;
- A_{PT} : área útil de ambientes de permanência transitória;
- A_{NC} : área útil de ambientes não condicionados de permanência prolongada;
- A_C : área útil de ambientes condicionados artificialmente;
- A_U : área útil do edifício; e
- b : bonificações.

As variáveis “ Eq_{NumEnv} ”, “ Eq_{NumDPI} ”, “ Eq_{NumCA} ” e “ Eq_{NumV} ” também são encontrados por meio da aplicação de equações, as quais são específicas para cada região bioclimática brasileira. Já as bonificações, são dadas quando o edifício adota alguma medida de conservação da energia que não é considerada diretamente na metodologia de cálculo, por exemplo uso de fontes renováveis de energia e cogeração. Bonificações podem representar um adicional de até 20% da pontuação total (P_T), o que permite o aumento de um nível de eficiência energética, por exemplo, de nível B para A.

Depois de calcular a pontuação total pela Equação (6.1), obtém-se o nível global de eficiência energética do edifício por meio das relações apresentadas no Quadro 6.1.

Quadro 6.1. Equivalência entre a pontuação total e o nível global de eficiência energética do edifício

Pontuação total (P_T)	Nível de eficiência energética
$4,0 \leq P_T \leq 5$	A
$3,5 \leq P_T < 4,5$	B
$2,5 \leq P_T < 3,5$	C
$1,5 \leq P_T < 2,5$	D
$P_T < 1,5$	E

Fonte: Brasil (2010); Brasil (2012).

Para o cálculo do nível de eficiência energética de edifícios residenciais, pelo método prescritivo, realiza-se um procedimento similar ao apresentado anteriormente para edifícios comerciais, de serviços e públicos, trocando-se as equações utilizadas. Para edifícios residenciais unifamiliares, primeiramente calcula-se a pontuação total pelo Equação (6.2), e em seguida, obtém-se o nível de eficiência energética pelo Quadro 6.1.

$$P_T = a \text{ Eq}_{\text{NumEnv}} + (1 - a) \text{ Eq}_{\text{NumAA}} + b \quad (6.2)$$

Em que:

- P_T : pontuação total obtida pelo edifício;
- $\text{Eq}_{\text{NumEnv}}$: equivalente numérico da envoltória;
- Eq_{NumAA} : equivalente numérico do sistema de aquecimento de água;
- a : coeficiente número referente à localização do edifício;
- b : bonificações.

As variáveis “ $\text{Eq}_{\text{NumEnv}}$ ” e “ Eq_{NumAA} ” também são encontrados utilizando equações, as quais são específicas para cada região bioclimática, e as bonificações são dadas quando o edifício adota alguma medida de conservação da energia não é considerada diretamente na metodologia de cálculo. O coeficiente “ a ” varia conforme a região geográfica brasileira, de acordo com o Quadro 6.2.

Quadro 6.2. Valor do coeficiente “a”, presente na Equação (6.2), para diferentes regiões do Brasil

Região	Valor do coeficiente
Norte	0,95
Nordeste	0,90
Centro-Oeste	0,65
Sudeste	0,65
Sul	0,65

Fonte: Brasil (2012).

Enquanto que o cálculo do nível de eficiência energética pelo método prescritivo é baseado na aplicação de um conjunto de equações, o método de simulação baseia-se no uso de programas computacionais para simular o comportamento termonergetica do edifício. Por este método, para todos os tipos de edifícios, em primeiro lugar, deve-se modelar a envoltória e os sistemas consumidores de energia, de cinco edifícios: o real (prédio a ser certificado) e quatro modelos de referência, que representam a níveis de eficiência A, B, C e D. Em seguida, é simulado o consumo de energia dos cinco modelos para um ciclo anual horário. O nível de eficiência energética do edifício a ser certificada será definido por meio da comparação do consumo de energia deste modelo com o consumo dos quatro modelos de referência, em que o consumo de energia do edifício real deve ser igual ou menor do que o consumo do modelo de referência para o nível de eficiência energética pretendido. Ressalta-se que a escala de eficiência energética vai de A à E, porém, não é necessário simular o modelo de referência do nível E. Isto porque se o consumo do edifício real for maior que o modelo de referência do nível D, o edifício será automaticamente classificado como nível E.

O sistema brasileiro de certificação de eficiência energética de edifícios não possui programas computacionais de referência, porém quando se opta em utilizar o método de simulação, o programa computacional escolhido deve apresentar uma série de capacidades, especificadas nas Portarias INMETRO 372/2010 e 18/2012, incluindo as listadas a seguir:

- a) Ser um programa destinado à análise de consumo de energia de edifícios;
- b) Ser validado pela Standard 140 (ASHRAE, 2014);
- c) Modelar 8.760 horas por ano;
- d) Modelar variações horárias de ocupação e de potência de sistemas de iluminação e sistemas de ar condicionado, para cada dia da semana;

- e) Permitir a modelagem de multi-zonas térmicas; e
- f) Produzir relatórios horários de consumo de energia.

Um programa computacional que possui os requisitos técnicos exigidos e tem sido muito utilizado para fins de certificação de eficiência energética edifícios no Brasil é o *EnergyPlus*, desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (Estados Unidos, 2015).

Após o cálculo do nível de eficiência energética do edifício, emite-se o relatório da etapa de projeto. Caso o edifício ainda não esteja construído, encerra-se o processo de certificação, porém, caso já esteja edificado, parte-se para a etapa edifício construído. Nesta etapa, tem-se como objetivo verificar se as especificações apresentadas nos documentos técnicos, avaliados na etapa de projeto, estão presentes na edificação construída. A inspeção é realizada pela análise de amostras de elementos da envoltória e dos sistemas consumidores de energia, incluindo os sistemas de iluminação, condicionamento artificial de ar e aquecimento de água sanitária. O detalhamento dos elementos a serem inspecionados e os métodos de amostragem são apresentados na Portaria INMETRO 50: Requisitos de Avaliação da Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios (Brasil, 2013).

No Brasil, os Organismos de Inspeção Acreditados (OIA) são os agentes responsáveis por realizar a avaliação de eficiência energética dos edifícios. Estas organizações são compostas por profissionais de Engenharia e Arquitetura, e devem possuir uma autorização do governo para operar. Depois de realizar o cálculo do nível de eficiência energética do edifício, tanto para a etapa de projeto, quanto para a etapa de edifício construído, o OIA envia o resultado para o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), qual emite o certificado e a etiqueta e os entrega para o proprietário do edifício.

O programa de certificação energética de edifícios foi lançado inicialmente de forma voluntária para edifícios comerciais, de serviços, públicos e residenciais no Brasil. Em 2014, a certificação tornou-se obrigatória para os edifícios públicos federais novos com superfície igual ou superior a 500 m² e para os edifícios públicos federais existentes que passarem por intervenções

do tipo *retrofit*. Entende-se como intervenção *retrofit* aquela que provoca modificações na envoltória e nos sistemas de iluminação, de condicionamento artificial de ar e aquecimento de água. Para os demais edifícios - edifícios públicos estaduais e municipais e edifícios comerciais, de serviços e residenciais - a certificação continua a ser de caráter voluntário (Brasil, 2014).

Um modelo de etiqueta de eficiência energética para edificações comerciais, de serviços e públicas é apresentada na Figura 5.5.



Figura 6.5. Modelo de etiqueta de eficiência energética para edifícios em uso no Brasil.
Fonte: Brasil (2013).

6.3 Discussão

As principais características dos sistemas de certificação de eficiência energética em vigor na Espanha e no Brasil são apresentadas no Quadro 6.3.

Quadro 6.3. Principais características dos programas de certificação de eficiência energética de edifícios vigentes na Espanha e no Brasil

Características	Espanha	Brasil
Obrigatoriedade	Edifícios públicos habitualmente frequentados pela população e edifícios privados submetidos a venda ou aluguel	Edifícios públicos federais novos e edifícios públicos federais existentes que passem por intervenção <i>retrofit</i>
Escala de eficiência energética	A à G	A à E
Validade do certificado energético	10 anos	5 anos
Indicador principal de eficiência energética	Emissão anual de CO ₂	Consumo anual de energia
Sugestões de melhoria da eficiência energética	Sim	Não
Programas computacionais de referência para certificação	CALENER, CERMA, CE2, CE3, CE'X	Não possui
Agente responsável pela avaliação de eficiência energética do edifício	Profissional licenciado	Organismo de Inspeção Acreditado
Cumprimento normativa	Decreto Real 235/2013	Portaria INMETRO 372/2010 Portaria INMETRO 18/2012 Portaria INMETRO 50/2013

Na Espanha, a certificação de eficiência energética de edifícios é obrigatória para a maioria dos edifícios, enquanto que no Brasil, a certificação é obrigatória apenas para parte dos edifícios públicos. Espera-se que nos próximos anos o programa brasileiro se torne obrigatório para um maior número de tipos de edifícios, seguindo a tendência da Espanha e de outros países que possuem sistemas de certificação energética de edifícios.

Em relação ao número de níveis de eficiência energética considerado pelo programa de certificação, o sistema espanhol emprega uma escala de sete níveis, enquanto o modelo brasileiro de cinco. O uso de uma escala mais estratificada, ou seja, com maior número de níveis, implica em uma maior paridade de desempenho energético dentro de um mesmo nível, o que é bom para os usuários ao comprar ou alugar um imóvel. Além disso, a maior

estratificação da escala é benéfica para mercado da eficiência energética, uma vez que incentiva os profissionais do setor da construção civil a implementarem um número maior de medidas de conservação de energia para se atingir níveis mais altos de eficiência energética no processo de certificação.

Quanto à validade do certificado de eficiência energética, o Brasil optou em fixar um período de cinco anos, enquanto Espanha considera o dobro disto. Um certificado com menor tempo de validade é interessante para se monitorar os efeitos das medidas de conservação de energia ao longo do tempo e para apontar a necessidade ou não de ajustes para manter-se o mesmo nível de desempenho. No entanto, neste caso, gera-se mais custos financeiros para os proprietários dos edifícios, com a contratação de serviços de certificação ao longo da vida útil do edifício. A Espanha segue a recomendação da Diretiva Europeia 2010/31/EU, a qual trata sobre desempenho energético de edifícios, e estabelece que os certificados de eficiência energética de edifícios dos países da União Europeia devem ter uma validade máxima de 10 anos.

Outra diferença importante entre os dois programas de certificação analisados, se refere ao indicador principal para determinação do nível de eficiência energética dos edifícios. Enquanto o indicador principal do sistema brasileiro é consumo de energia, no sistema espanhol é a emissão de dióxido de carbono. Este último indicador é permite considerar de maneira mais direta o uso de fontes renováveis de energia no cálculo de desempenho energético e possibilita mensurar parte dos impactos ao meio ambiente. Entretanto, deve-se ressaltar que o indicador "emissões de dióxido de carbono" é mais relevante para países que possuem matrizes energéticas com maior participação de combustíveis fósseis. No Brasil, as fontes renováveis de energia apresentam participação de aproximadamente 39% na oferta interna de energia, enquanto que na Espanha, a participação destas fontes está em torno de 13% (IEA, 2015; EPE, 2015). Portanto, no caso da certificação brasileira, seria importante incluir a quantificação das emissões de CO₂ como um indicador secundário, tornando o programa de certificação mais completo, ao se considerar uma variável ambiental.

Quanto aos resultados apresentados ao final do processo de certificação, o programa brasileiro se limita a classificar o nível de eficiência energética do edifício, enquanto que o programa espanhol, além disto, fornece

recomendações de melhorias que podem ser implementadas no edifício para aumentar seu nível de desempenho. Entretanto, é voluntária a inclusão de análises de viabilidade econômica das medidas de melhorias propostas, ficando a cargo do certificador incluir ou não tais análises no relatório a ser entregue ao proprietário do edifício. Ressalta-se que é importante que se torne obrigatório a elaboração de destes estudos, a fim de motivar os proprietários a implementarem medidas de eficiência energética em seus imóveis, o que geraria maior impacto do programa de certificação de edifícios.

No que diz respeito aos métodos de avaliação de eficiência energética dos edifícios, o programa brasileiro não possui um programa computacional de referência, ao contrário do programa espanhol, que possui mais de um. O governo brasileiro tem desenvolvido programas para serem usados nos processos de certificação, os quais ainda se encontram em fase experimental. Espera-se que futuramente o governo defina pelo menos um programa de referência a ser usado na certificação de eficiência energética de edifícios, o que é imprescindível para padronizar os resultados obtidos na avaliação de desempenho das edificações certificadas.

No Brasil, o nível de eficiência energética dos edifícios é calculado pelos Organismos de Inspeção Acreditado (OIAs), enquanto que na Espanha, por profissionais licenciados. Avaliações conduzidas por OIAs têm como principal vantagem a possibilidade de gerar resultados mais assertivos, uma vez que uma equipe multidisciplinar de profissionais está envolvida no processo, incluindo arquitetos, engenheiros elétricos e especialistas em energias renováveis. Porém, a criação de tais organismos demanda mais tempo que o licenciamento de profissionais independentes, o que pode gerar um *déficit* no mercado de certificação energética de edifícios. Atualmente, há quatro Organismos de Inspeção Acreditado em atividade no Brasil e novos organismos estão sendo criados em diferentes regiões do país, por meio de parcerias entre governo, universidades e centros de pesquisa.

6.4 Conclusão

O sistema de certificação de eficiência energética de edifícios sem encontra em um estágio mais desenvolvido na Espanha, comparado ao em uso

no Brasil, considerando-se a metodologia usada e a difusão no setor da construção civil. Entre os parâmetros presentes no programa espanhol que poderiam ser incorporadas ao brasileiro, estão: desenvolvimento de softwares de referência para serem utilizados no processo de certificação energética, quantificação das emissões de dióxido de carbono geradas pelo uso de energia na edificação e recomendação de melhorias de eficiência energética para o edifício certificado. Para os dois países, seria importante exigir a inclusão de estudos de viabilidade econômica das medidas de melhoria nos relatórios, a fim de aumentar o interesse dos proprietários dos imóveis e conseqüentemente os impactos dos programas de certificação de eficiência energética.

6.5 Referências bibliográficas

ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. **Standard 140**. Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs. Atlanta, 2004.

Brasil. Decreto n.º 4.059. Regulamenta a Lei 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2001b.

Brasil. Instrução Normativa n.º 2, de 4 de junho de 2014. Dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam retrofit. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2014.

Brasil. Lei n.º 10.295. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2001a.

Brasil. Portaria INMETRO n.º 18, de 16 de janeiro de 2012. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações de Edificações. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2012.

Brasil. Portaria INMETRO n.º 372, de 17 de setembro de 2010. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações de

Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C). Brasília: **Diário Oficial da União**, 2010.

Brasil. Portaria INMETRO n.º 50, de 01 de fevereiro de 2013. Requisitos de Avaliação da Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios (RAC). Brasília: **Diário Oficial da União**, 2013.

Casals, X. G. Analysis of building energy regulation and certification in Europe: Their role, limitations and differences. **Energy and Buildings**, v. 38, p. 381-392, 2006.

Comissão Europeia. Directive 2002/91/EU of the European Parliament and of the Council, of 16 December, on the energy performance of buildings. **Jornal Oficial da Comunidade Europeia**, 2002.

Comissão Europeia. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council, of 19 May 2010, on the energy performance of buildings. **Jornal Oficial da Comunidade Europeia**, 2010.

Comissão Europeia. Directive 27/2012/EU of the European Parliament and of the Council, of 25 October, on energy efficiency, amending directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing directives 2004/8/EC and 2006/32/EC. **Jornal Oficial da Comunidade Europeia**, 2012.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2014: Ano Base 2014**. Rio de Janeiro, 2015.

Espanha. Orden FOM 1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía", del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. **Diário Oficial da Espanha**, 2013b.

Espanha. Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. **Diário Oficial da Espanha**, 2013a.

Espanha. Real Decreto 47/2007, de 31 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción. **Diário Oficial da Espanha**, 2007.

Estados Unidos. Departamento de Energia. **EnergyPlus**. Disponível em: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>. Acesso: 16 de outubro de 2015.

Grossman, P. Energy shocks, crises and the policy process: A review of theory and application. **Energy Policy**, v. 77, p. 56-69, 2015.

IEA. International Energy Agency. **Statistics**. Disponível em: <http://www.iea.org/statistics/>. Acesso em: 06 de julho de 2015.

MINETUR - Ministerio de Industria, Energía y Turismo. **Certificación de eficiencia energética de los edificios**. Disponível em: <http://www.minetur.gob.es/>. Acesso em: 6 de agosto de 2015.

Moutinho V., Moreira A. C., Silva, P. M. The driving forces of change in energy-related CO₂ emissions in Eastern, Western, Northern and Southern Europe: The LMDI approach to decomposition analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 50, p. 1485-1499, 2015.

Pérez-Lombard L. P., Ortiz J., Pout C. A review on buildings energy consumption information. **Energy and Buildings**, v. 40, p. 394-398, 2008.

Ürge-Vorsatz, D.; Novikova, A. Potentials and costs of carbon dioxide mitigation in the world's buildings. **Energy Policy**, v. 36, p. 642–661, 2008.

7. Análise energética de sistema solar fotovoltaico instalado em um edifício de energia positiva na Espanha

Resumo

Os edifícios tem apresentado grande participação no consumo de energia e nas emissões de gases de efeito estufa em todo mundo. Por isto, vários países tem incentivado o uso de fontes renováveis de energia e de medidas de eficiência energética no setor da construção civil. O objetivo deste capítulo foi realizar uma análise energética do sistema solar fotovoltaico instalado em um edifício energia positivo, localizado no campus da Universidad de Valladolid, Valladolid, Espanha (Edifício Lucia). O sistema foi simulado para um ciclo anual pelo programa PVSyst e foram feitas medições *in loco* no período de maio à setembro de 2015. O sistema fotovoltaico analisado é composto por quatro subsistemas independentes, um deles instalado na fachada e os outros três instalados na cobertura do edifício. Por simulação computacional, foi encontrado que o sistema fotovoltaico tem potencial de gerar 16.612 kWh/ano de energia elétrica, sendo 10.832 kW/ano proveniente do subsistema presente na fachada e 5.780 kW/ano dos subsistemas presentes na cobertura. Avaliou-se que a geração do sistema solar fotovoltaico permitiria atender aproximadamente 8% da demanda de energia elétrica do edifício. Foi verificado por medição *in loco*, que o subsistema instalado na fachada está gerando uma quantia equivalente à 95% do obtido por simulação, enquanto os subsistemas instalado na cobertura uma quantia equivalente à apenas 46% do obtido por simulação, para o período de maio à setembro. Foi observado que os inversores de frequência dos subsistemas presentes na cobertura do edifício apresentaram mensagens de erros durante alguns dias do período de monitoramento, o que pode explicar em parte esta grande diferença encontrada entre simulação computacional e medição *in loco*. Portanto, recomenda-se que seja feita uma inspeção destes três subsistemas, em especial de seus inversores de frequência, para identificar e corrigir possíveis defeitos.

Palavras-chaves: energia solar, energia elétrica, geração descentralizada, independência energética, sustentabilidade ambiental.

7.1 Introdução

O setor da construção civil é um dos mais complexos e dinâmicos, estando atrelado à qualidade de vida humana e promoção de empregos e, ao mesmo tempo, à uma grande demanda de energia e geração de impactos ao meio ambiente em nível local e regional (Santamouris, 2016). A contribuição de edifícios no consumo de energia tem atingindo valores entre 20 e 40% nos países desenvolvidos, e alguns casos tem superado os setores industrial e de transportes (Lombard-Perez, 2008). Além disso, estima-se que os edifícios são responsáveis por cerca de um terço das emissões antrópicas de gases de efeito estufa no mundo, as quais em altas concentrações têm contribuído para as alterações climáticas, incluindo o fenômeno de aquecimento global (Ürge-Vorsatz; Novikova, 2008).

Para tentar frear o crescimento da demanda energética dos edifícios, vários países têm criado mecanismos legais para promover o uso de medidas de conservação de energia em edifícios, de modo a reduzir a demanda energética sem comprometer o conforto, saúde e produtividade dos usuários (Lombard-Perez et al., 2009). Entre eles, as normas de regulamentação, as quais tem como função definir níveis mínimos de desempenho que devem ser respeitados pela construção civil, e os programas de certificação energética, que tem como principal objetivo promover o uso de níveis de desempenho energético maiores aos regulamentados (Casals, 2006).

Estados Unidos e países europeus tem utilizados instrumentos de incentivo à eficiência energética e energias renováveis em edifícios há mais de 30 anos, como respostas as primeiras crises internacionais do petróleo e aumento das questões ambientais (Andaloro et al., 2010; Dixon et al., 2010; Berry; Davidson, 2016; Martínez-Molina et al, 2016). Neste sentido, o Parlamento Europeu lançou a Diretiva 2002/91/CE (Comissão Europeia, 2002), relativa ao desempenho energético dos edifícios, a qual estabeleceu que os Estados-Membros devem criem e revisem periodicamente requisitos mínimos de desempenho energético para edifícios e criar seus sistemas nacionais de certificação de eficiência energética. Nos anos posteriores, novas exigências foram feitas aos Estados-Membros quanto ao desempenho energético de edifícios, por meio da publicação de novas diretivas, entre elas a Diretiva

2010/31/CE (Comissão Europeia, 2010) e a Diretiva 2012/27/CE (Comissão Europeia, 2012).

A Espanha está entre os países europeus que mais tem mais feito esforços para cumprir com seus compromissos de redução de emissões de gases de efeito estufa carbono firmados em tratados internacionais (López-Peña et al., 2012). Com vistas ao cumprimento da Diretiva 2002/91/CE, o governo espanhol promulgou o Decreto Real 47/2007 (Espanha, 2007), pelo qual foi aprovado um procedimento básico para a certificação de eficiência energética de edifícios novos no país. Seis anos depois, para incorporar as novas recomendações previstas em diretivas mais novas do Parlamento Europeu, foi promulgado o Decreto Real 235/2013 (Espanha, 2013), o qual regulamenta o atual o procedimento básico para a certificação de eficiência energética de edifícios novos e edifícios existentes na Espanha.

Pelo sistema espanhol de certificação de eficiência energética de edifícios, a classificação de eficiência energética é feita por meio da análise de vários indicadores de desempenho para satisfazer, em condições climáticas determinadas, as necessidades associadas as condições normais de funcionamento e ocupação. O indicador principal deste sistema de certificação refere-se as emissões anuais de dióxido de carbono, expressadas em quilo por metro quadrado de superfície útil do edifício ao ano ($tCO_2/m^2/ano$), onde menor a emissão de dióxido de carbono, melhor a classificação. Os edifícios podem ser classificados de nível A (mais eficiente) a nível G (menos eficiente). O Decreto Real 235/2013 estabelece, ainda, que todos os edifícios construídos a partir de 31 de dezembro de 2020 sejam edifícios de consumo de energia quase nulo, os requisitos mínimos para cumprir esta condição serão determinados no Código Técnico de Edificações em vigor na data (Espanha, 2013).

Dessa forma, os edifícios com sistemas de geração de energia por fonte renovável têm grande potencial de apresentar boa classificação pelo sistema espanhol de certificação de eficiência energética de edifícios. Exemplo disso, é o Edifício Lucia, localizado na Espanha, o qual é um edifício energia positiva e de Emissões Nulas, atendido por sistemas de energia solar fotovoltaica, energia geotérmica e biomassa. Este edifício possui classificação nível A pela certificação espanhola e alcançou 98 pontos pelo sistema

Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), o que o torna o mais sustentável da Europa e segundo mais sustentável do mundo por este sistema de certificação (UVa, 2015). Tendo em vista a relevância desta edificação em cenário internacional e a necessidade de expandir o uso de sistemas de geração renovável em edifícios em todo mundo, objetivou-se com estudo fazer uma análise da geração de energia elétrica do sistema fotovoltaico instalado no Edifício Lucia, por meio de simulação computacional e medições *in loco*.

7.2 Material e métodos

O Edifício Lucia é um edifício energia positiva e emissões nulas de dióxido de carbono, localizado no Campus Miguel Delibes, da Universidad de Valladolid (UVa), na cidade de Valladolid, na Comunidade Autónoma de Castilla y León, Espanha. Possui área total construída de 7.500 m² e foi edificado com um investimento inicial de 8.560.000 euros. O edifício é utilizado principalmente para desenvolvimento de pesquisas pela Universidad de Valladolid, com 2.100 m² representado por laboratórios relacionados à Nutrição, Alimentação e Dietética; 2.100 m² à Metabolopatía; e 950 m² à Informação Digital (UVa, 2016).

O Edifício Lucia foi projetado considerando-se diversas estratégias para conservação de energia e racionalização do uso de água nas fases de construção, utilização e futura demolição, com possibilidade de desmontagem, reuso e reciclagem de materiais do edifício. As estratégias passam pelo desenho bioclimático bem ajustado para as condições meteorológicas locais, utilização de equipamentos que propiciam uso racional de energia e água, emprego de sistemas de geração de energia por fontes renováveis e cogeração e gestão de resíduos sólidos gerados no interior do edifício. Um esquema representando uma vista seccionada do edifício é apresentado na Figura 7.1.

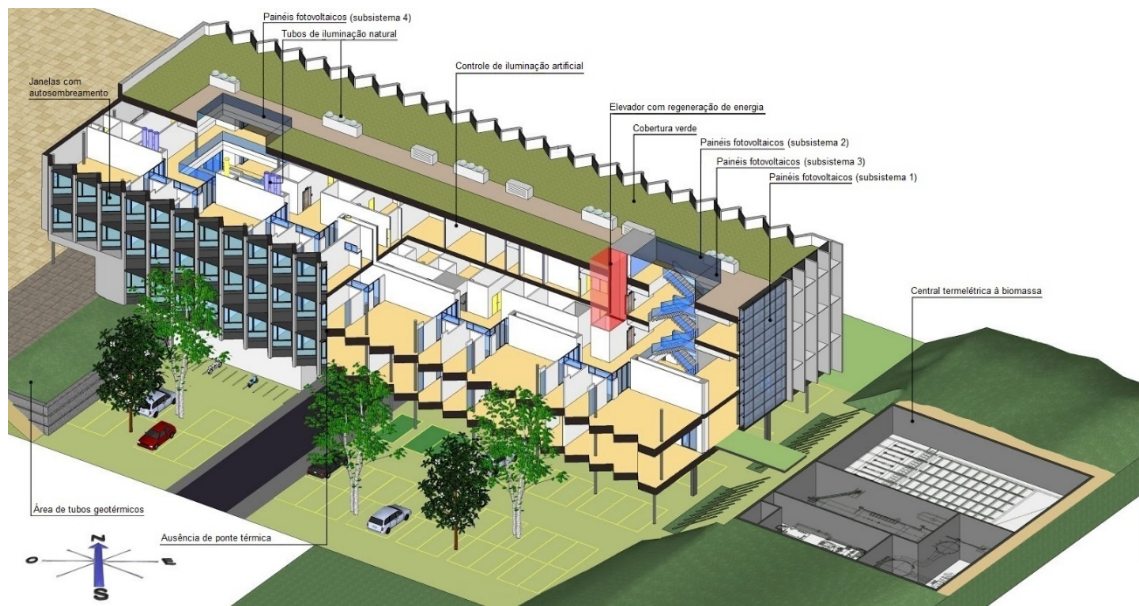


Figura 7.1. Vista seccionada do Edifício Lucia, localizado em Valladolid, Espanha.

Fonte: UVa (2016).

Quanto aos sistemas de geração de energia, o edifício possui um sistema de trigeriação a biomassa que supre a maior parte das suas necessidades de eletricidade, aquecimento e resfriamento de ar e aquecimento de água. Sistemas de energia fotovoltaica e geotérmica são utilizados para complementar a demanda de energia. Estima-se que o Edifício Lucia apresenta uma economia anual de energia superior a 60% em relação à um edifício padrão. O edifício gera excedente de energia que é fornecido a edifícios vizinhos no Campus da Universidad de Valladolid, permitindo que estes tenham uma economia de energia em torno de 30% (UVa, 2016). Na Figura 7.2 é apresentado um esquema dos sistemas energéticos do Edifício Lucia.

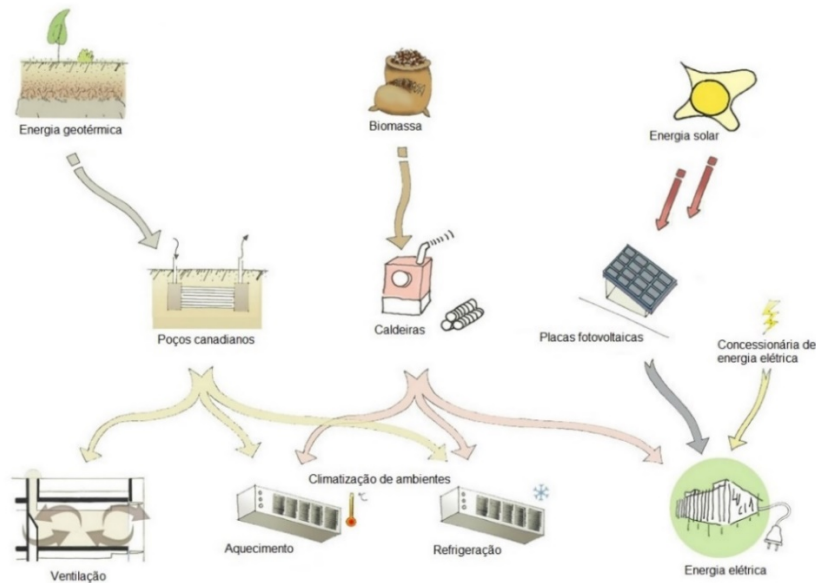


Figura 7.2. Fontes renováveis de energia empregadas no Edifício Lucia e seus usos finais.

Fonte: UVa (2016).

O Edifício Lucia possui uma demanda de 215.540 kWh/ano de energia elétrica, sendo esta atendida por energia solar fotovoltaica, biomassa e energia da rede de distribuição de energia elétrica (UVa, 2016). O sistema solar fotovoltaico possui uma potência total instalada de 15 kW_p e é composto por quatro subsistemas fotovoltaicos independentes, cada um deles conectados a um inversor de frequência. Um destes subsistemas (subsistema 1) se encontra na fachada sudeste e os outros três na cobertura (subsistema 2, subsistema 3 e subsistema 4). A posição dos painéis fotovoltaicos de cada um destes subsistemas pode ser observado na Figura 7.1.

O subsistema 1 é está instalado na fachada sudeste do edifício, a qual é do tipo pele dupla e é composta por duas paredes envidraçadas. Estas duas paredes são separadas por um vão livre, o qual possui um sistema de abertura e fechamento automático na base e no topo, acionado com base na temperatura do ar no seu interior. Este sistema de ventilação permite controlar a temperatura na superfície dos painéis fotovoltaicos e assim melhorar seu desempenho. Detalhes de sistema é apresentado na Figura 7.3.

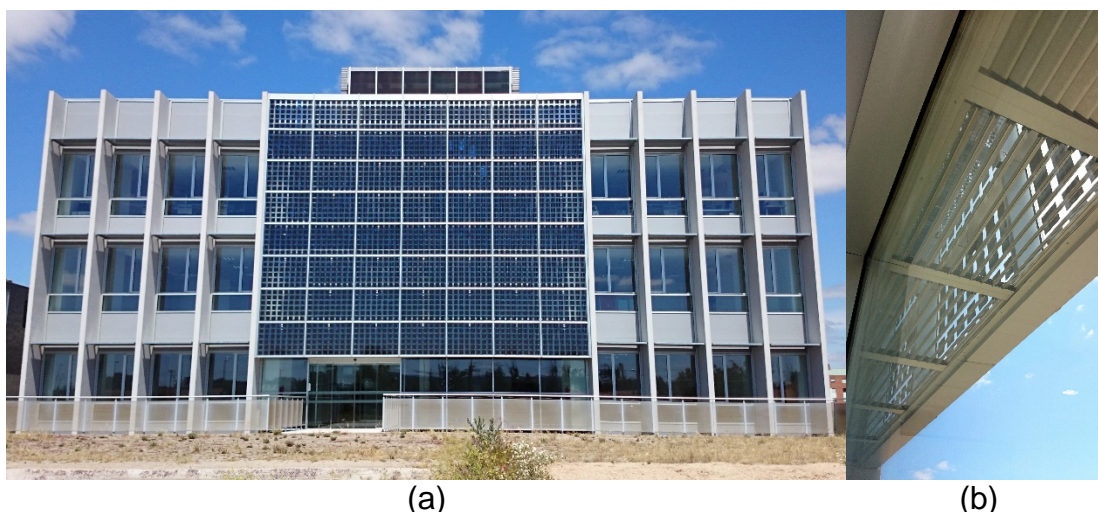


Figura 7.3. Sistema solar fotovoltaico instalado na Fachada Sudeste do Edifício Lucia. (a) vista frontal (b) detalhe do sistema de ventilação na base da fachada dupla.

As especificações técnicas do sistema solar fotovoltaico instalado na fachada sul são apresentadas no Quadro 7.1.

Quadro 7.1 Especificações do subsistema solar fotovoltaico 1

Parâmetro	Especificação
Tecnologia dos painéis fotovoltaicos	silício monocristalino
Potência total instalada	10,08 kW
Potência por painel fotovoltaico	180 W
Número de painéis fotovoltaicos	56
Orientação dos painéis fotovoltaicos	35° em relação ao eixo sul
Inclinação dos painéis fotovoltaicos	90° em relação ao nível do solo
Potência do inversor de frequência	10 kW
Frequência de operação	50 Hz

Os subsistemas 2, 3 e 4 estão instalados na cobertura, sobre dois corpos de escadas e utilizam a tecnologia denominada vidro fotovoltaico, a qual permite a geração de energia elétrica e o aproveitamento de iluminação natural. Deste modo, estes subsistemas funcionam como lucernários sobre os vãos de escadas do edifício. No corpo de escadas localizada à sudeste, os painéis fotovoltaicos estão instalados na posição horizontal e vertical, enquanto que no corpo de escadas localizado à noroeste, apenas na posição horizontal. Fotos destes três subsistemas são apresentados na Figura 7.4.



Figura 7.4. Sistemas solares fotovoltaicos instalados na cobertura do Edifício Lucia. (a) subsistemas 2 e 3 e (b) subsistema 4.

As especificações técnicas destes sistemas solares fotovoltaicos instalados na cobertura são nos Quadros de 7.2 à 7.4.

Quadro 7.2. Especificações do subsistema solar fotovoltaico 2

Parâmetro	Especificação
Tecnologia dos painéis fotovoltaicos	silício amorfo
Potência total instalada	1,68 kW
Potência por painel fotovoltaico	140 W
Número de painéis fotovoltaicos	12
Orientação dos painéis fotovoltaicos	35° em relação ao eixo sul
Inclinação dos painéis fotovoltaicos	5° em relação ao nível solo apontado para o eixo sul
Potência do inversor de frequência	2 kW
Frequência de operação	50 Hz

Quadro 7.3. Especificações do subsistema solar fotovoltaico 3

Parâmetro	Especificação
Tecnologia dos painéis fotovoltaicos	silício amorfo
Potência total instalada	0,84 kW
Potência por painel fotovoltaico	140 W
Número de painéis fotovoltaicos	6
Orientação dos painéis fotovoltaicos	35° em relação ao eixo sul
Inclinação dos painéis fotovoltaicos	90° relação ao nível solo
Potência do inversor de frequência	1,2 kW
Frequência de operação	50 Hz

Quadro 7.4. Especificações do subsistema solar fotovoltaico 4

Parâmetro	Especificação
Tecnologia dos painéis fotovoltaicos	silício amorfo
Potência total instalada	2,52 kW
Potência por painel fotovoltaico	140 W
Número de painéis fotovoltaicos	18
Orientação dos painéis fotovoltaicos	145° à sul
Inclinação dos painéis fotovoltaicos	5° em relação ao nível solo apontado para o eixo sul
Potência do inversor de frequência	2,5 kW
Frequência de operação	50 Hz

Os sistemas fotovoltaicos foram simulados, para um ciclo anual, pelo programa *PVSyst* para as condições meteorológicas de Valladolid, Espanha. Este programa computacional tem sido mundialmente utilizado para fins de dimensionamento e análise energética de sistemas solares fotovoltaicos em edifícios (Chikh et al., 2011; Akwa et al., 2014; Azimoh et al., 2014; Paredes-Sánchez et al., 2015; Singh; Banerjee, 2015). Para confrontar os resultados obtidos na simulação computacional, foram realizadas medições *in loco* da geração e energia elétrica dos sistemas fotovoltaicos, durante cinco meses, compreendendo o período de maio a setembro de 2015.

7.3 Resultados e discussão

A geração anual de energia elétrica dos quatro subsistemas solares fotovoltaicos instalados no Edifício Lucia, obtida por meio da simulação computacional, é apresentada na Figura 7.5.

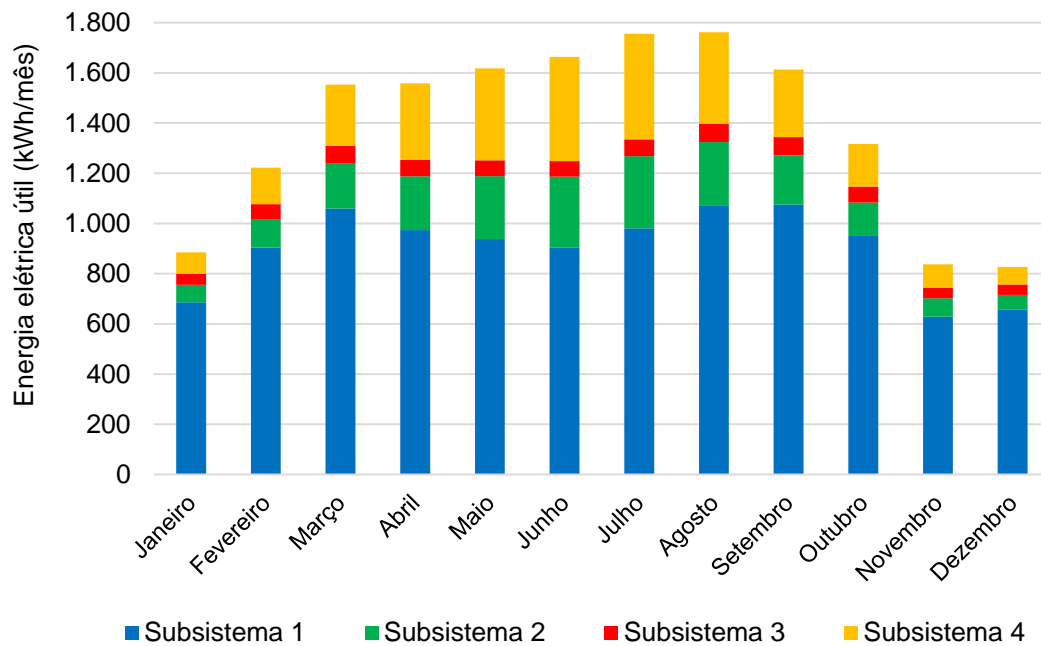


Figura 7.5. Simulação de geração de energia elétrica útil do sistema solar fotovoltaico instalado no Edifício Lucia.

O sistema solar fotovoltaico instalado no Edifício Lucia possibilitaria a geração de 16.612 kWh/ano de energia útil - entende-se aqui como energia útil a energia elétrica na saída do inversor de frequência. Em torno de 65% deste total seria proveniente do subsistema 1, instalado na fachada sul do Edifício Lucia, o qual apresentaria uma geração de 10.832 kWh/ano. Os subsistemas 3, 4 e 5, instalados na cobertura, contribuiria com, respectivamente, 13% (2.108 kWh/ano), 4% (725 kWh/ano) e 18% (2.947 kWh/ano), um total de 5.780 kWh/ano.

A simulação das perdas de energia no conjunto de painéis solares e no sistema fotovoltaica, este último representado principalmente pela conversão de energia elétrica no inversor de frequência, para os quatro subsistemas, são apresentadas nas Figuras 7.6 à 7.9.

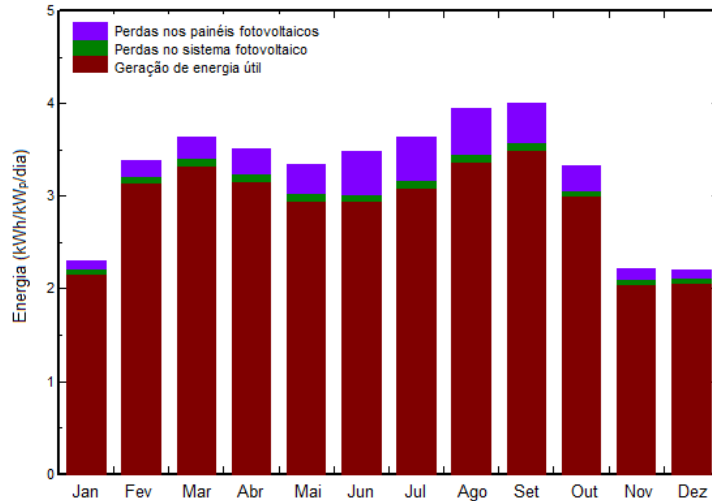


Figura 7.6. Simulação de geração e perdas de energia do subsistema solar fotovoltaico 1.

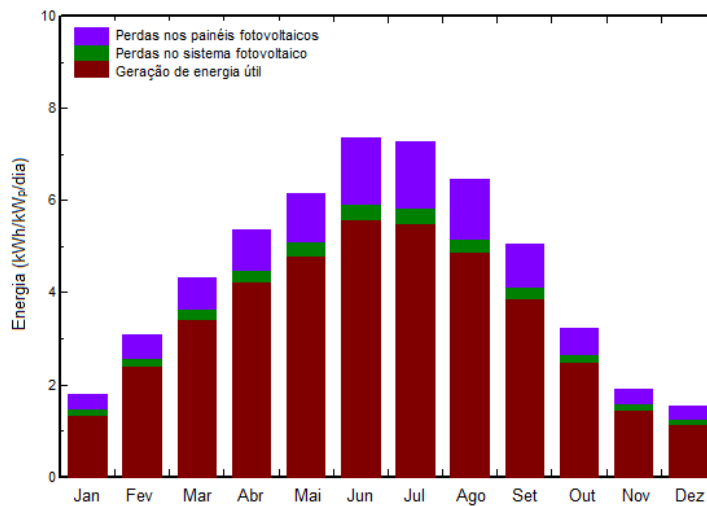


Figura 7.7. Simulação de geração e perdas de energia do subsistema solar fotovoltaico 2.

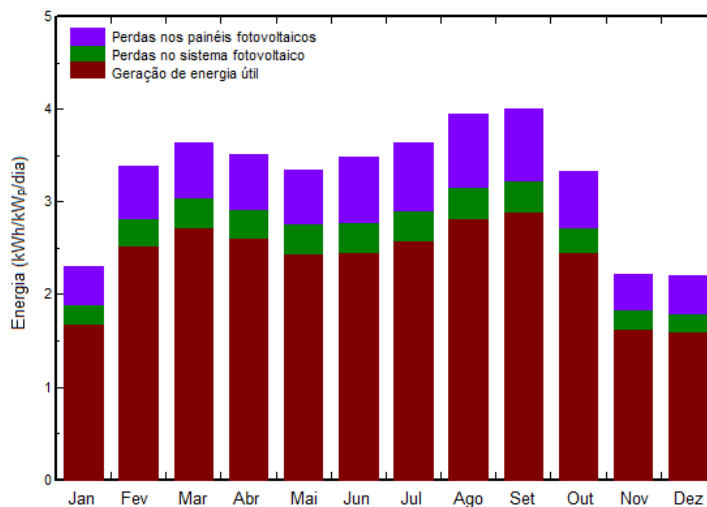


Figura 7.8. Simulação de geração e perdas de energia do subsistema solar fotovoltaico 3.

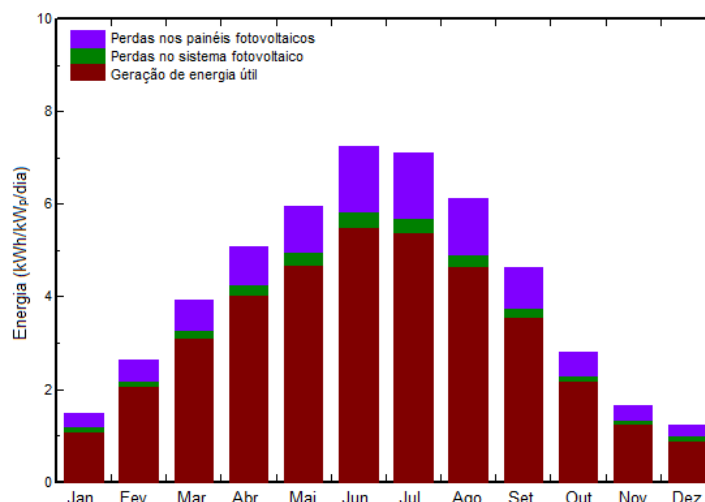


Figura 7.9. Simulação de geração e perdas de energia do subsistema solar fotovoltaico 4.

Os subsistemas solares fotovoltaicos apresentaram dois padrões distintos de geração de energia durante ciclo anual simulado. Nos subsistemas 2 e 4, instalados em uma posição próxima à horizontal (5° em relação ao nível do solo), a geração de energia acompanhou tendência da radiação solar global incidente em Valladolid, com maiores valores de geração de energia no verão e menores valores no inverno. Nos subsistemas 1 e 3, instalados em uma posição perpendicularmente ao solo, a geração de energia não acompanhou a radiação solar, com maiores valores de geração de energia na primavera e outono e menores diferenças de geração mensal de energia durante o ano. O subsistema 2 foi que apresentou maior geração de energia útil por potência instalada, com 3,44 kWh/kW_p/dia, seguido pelos subsistemas 4, 1 e 3 com, respectivamente, 3,20; 2,89; e 2,37 kWh/kW_p/dia.

O subsistema 1 foi o que apresentou menores perdas no conjunto de painéis solares, representado na cor azul nas Figuras 7.6 à 7.9, com 0,28 kWh/kW_p/dia, enquanto os subsistemas 3, 4 e 2 apresentaram perdas de, respectivamente, 0,60; 0,79; e 0,81 kWh/kW_p/dia. A diferença considerável entre as perdas do primeiro subsistema e os demais são possivelmente devidas principalmente à eficiência dos painéis solares e ao fato do subsistema da fachada possuir um sistema de ventilação. O subsistema instalado na fachada sudeste utiliza painéis de silício monocristalino, enquanto os subsistemas instalados na cobertura, painéis de células de silício amorfo - a primeira tecnologia tem apresentado eficiência na faixa de 15 a 20% e a

segunda na faixa de 7 a 13% (Energy Informative, 2016). Quanto ao sistema de ventilação da fachada dupla, este permite que os painéis trabalhem mais próxima da sua temperatura ideal de funcionamento, melhorando assim seu desempenho.

As perdas no sistema fotovoltaico, apresentadas na cor verde nas Figuras de 7.6 a 7.9, são representadas pelas perdas no inversor de frequência. O subsistema 1 foi o que apresentou menores perdas com 0,07 kWh/kW_p/dia, seguido pelos subsistemas 4, 2 e 3 com respectivamente 0,20; 0,22 e 0,29 kWh/kW_p/dia. As perdas no inversor de frequência são dependentes principalmente de sua eficiência e do casamento de sua potência com a potência dos painéis fotovoltaicos. O subsistema 1 possui uma potência instalada de 10,08 kW e um inversor de frequência de 10,00 kW; o subsistema 2 uma potência instalada de 1,68 kW e um inversor de 2,00 kW; o subsistema 3 uma potência instalada de 0,84 kW e um inversor de 1,20 kW e o subsistema 4 uma potência instalada de 2,52 kW e um inversor 2,50 kW. Portanto, a potência do conjunto de painéis solares e do inversor de frequência do subsistema 1 está melhor ajustada, seguido pelos subsistemas 4, 2 e 3, mesma ordem encontrada para as perdas. Além disso, o subsistema 1 usa um inversor de frequência de um fabricante, enquanto os outros três subsistemas de um outro fabricante, o que pode implicar em eficiências distintas e explicar em parte a grande diferença de perdas do primeiro subsistema em relação aos demais.

Nas Figuras 7.10 à 7.13 é apresentada a geração de energia elétrica útil dos subsistemas solares fotovoltaicos, obtido pela simulação computacional e por meio de medição *in loco*, para cinco meses do ano de 2015. Os valores medidos foram extraídos nos dados de saída dos inversores de frequência de cada um dos subsistemas fotovoltaicos.

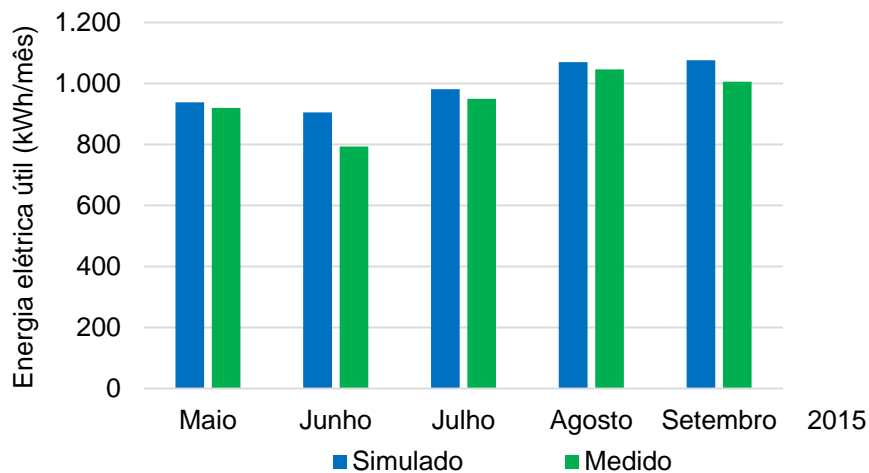


Figura 7.10. Geração de energia elétrica pelo subsistema fotovoltaico 1, obtido por simulação computacional e medição *in loco*.

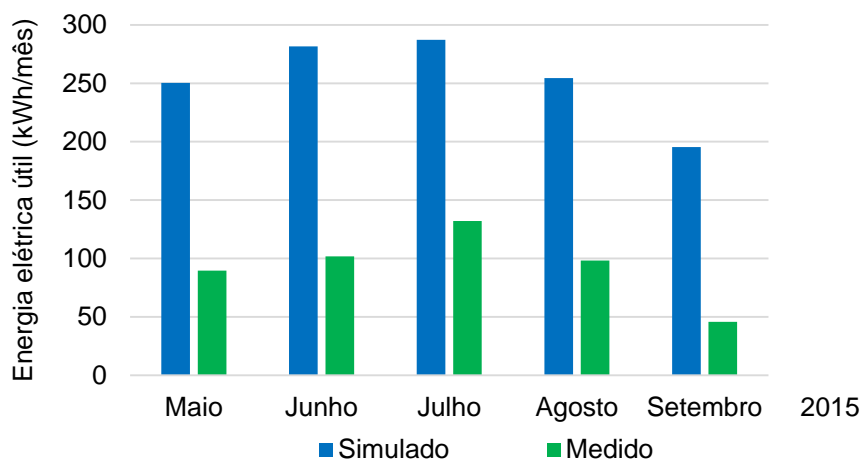


Figura 7.11. Geração de energia elétrica pelo subsistema fotovoltaico 2, obtido por simulação computacional e medição *in loco*.

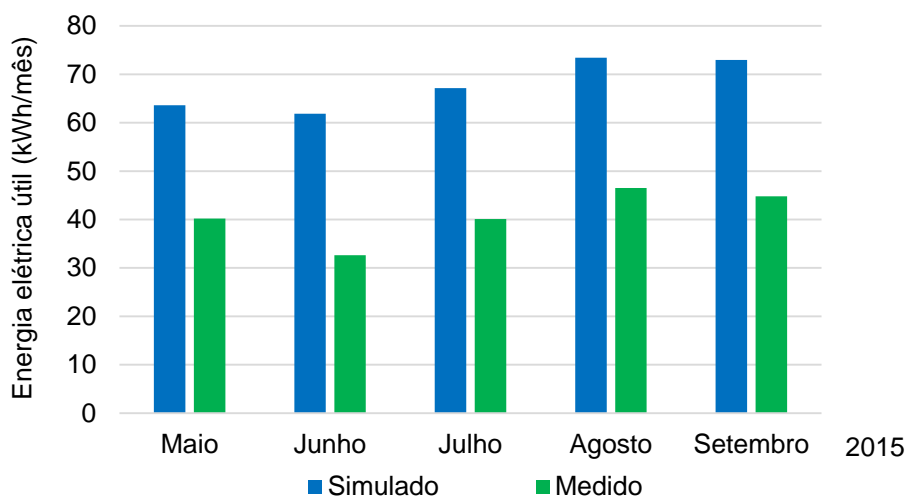


Figura 7.12. Geração de energia elétrica pelo subsistema fotovoltaico 3, obtido por simulação computacional e medição *in loco*.

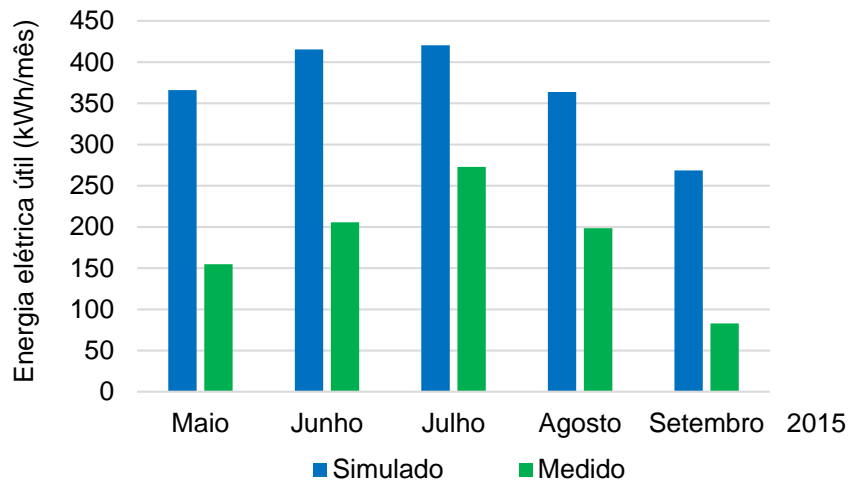


Figura 7.13. Geração de energia elétrica pelo subsistema fotovoltaico 4, obtido por simulação computacional e medição *in loco*.

As medidas realizadas no Edifício Lucia de geração de energia útil do subsistema solar fotovoltaico instalado na fachada sudeste (subsistema 1) ficaram próximas do valores encontradas na simulação computacional, sendo que a geração de energia elétrica dos meses de maio, junho, agosto e setembro foram igual à respectivamente 98%; 88%; 97%; 98%; 93% dos valores encontrados na simulação, ou ainda, uma correspondência de 95% no período de maio à setembro de 2015. Entretanto, as medidas de geração de energia para os subsistemas instalados na cobertura (subsistemas 2, 3 e 4) ficaram muito menores que os obtidos pela simulação. Para o período de maio à setembro, os valores medidos de geração de energia útil dos subsistemas 2, 3 e 4 foram de respectivamente, 37%; 60%; e 50% dos valores encontrados na simulação computacional, um total de 46% para os três subsistemas no período analisado. Uma possível causa desta grande diferença de geração medida e simulada destes últimos seria o mal funcionamento do inversor de frequência. Foi verificado em vários dias de tomada de dados que os inversores dos subsistemas 2, 3 e 4 estavam funcionando em um modo chamado “defeito” e apresentavam dados nulos de saída de energia elétrica, mesmo em dias ensolarados.

Portanto, é necessário realizar uma manutenção em tais inversores de frequência para verificar se o defeito é apenas de leitura, ou seja, o inversor está convertendo a energia recebida dos painéis solares, mas não está fazendo a contabilização, ou se o inversor de frequência de fato não está

convertendo corretamente a energia recebida dos painéis solares. Além disso, seria interessante fazer uma inspeção completa dos diferentes componentes destes subsistemas, quanto ao conjunto de painéis solares, para verificar se as placas estão gerando energia elétrica com a eficiência esperada, e de cabeamento e conexões, para verificar se há mais algum problema que tem levado a esta baixa leitura de energia solar útil dos inversores de frequência destes subsistemas.

7.4 Conclusão

O Edifício Lucia apresenta um sistema solar fotovoltaico interessante, composto por quatro subsistemas independentes, estando um deles instalado em uma das fachadas e os outros três na cobertura do edifício. O subsistema instalado na fachada conta com um sistema de ventilação que permite que as células fotovoltaicas estejam sujeitas à temperaturas mais próxima à ideal de funcionamento, o que melhora seu desempenho. Os subsistemas instalados na cobertura utilizam a tecnologia de vidro fotovoltaica, a qual permite o aproveitamento simultânea geração de energia elétrica e de iluminação natural.

Pela simulação computacional foi verificado que o sistema solar fotovoltaico do Edifício Lucia teria o potencial de gerar em torno de 16.612 kWh de energia elétrica ao ano, sendo 10.832 kW proveniente do subsistema instalado na fachada sudeste e 5.780 kW dos subsistemas instalados na cobertura. Este total equivale à aproximadamente 8% da demanda anual de energia elétrica do edifício.

As medições in loco no período de maio a setembro de 2015, apontam que o subsistema presente na fachada estaria gerando uma quantia equivalente à 95% do valor encontrado por simulação, enquanto os subsistemas presentes na cobertura apenas uma quantia equivalente à apenas de 46% do valor simulado, para estes meses. Foi observado que os inversores dos subsistemas presentes na cobertura do edifício emitiram algumas mensagens erros, o pode explicar em parte a grande diferença entre a geração de energia elétrica obtido pela simulação computacional e medição. Portanto, recomenda-se seja feita uma inspeção dos diferentes componentes destes

subsistemas, em especial de seus inversores de frequência, para identificar e corrigir possíveis defeitos dos mesmos.

7.5 Refêrências bibliográficas

Akwa, J. V.; Konrad, O.; Kaufmann, V. K.; Machado, C. A. Evaluation of the photovoltaic generation potential and real-time analysis of the photovoltaic panel operation on a building facade in southern Brazil. **Energy and Buildings**, v. 69, p. 426-433, 2014.

Andaloro, A. P. F.; Salomone, R.; Ioppolo, G.; Andaloro, L. Energy certification of buildings: A comparative analysis of progress towards implementation in European countries. **Energy Policy**, v. 38, p. 5840–5866, 2010.

Azimoh, C. L.; Wallin, F.; Klintonberg, P.; Karlsson, B. An assessment of unforeseen losses resulting from inappropriate use of solar home systems in South Africa. **Applied Energy**, v. 136, p. 336-346, 2014.

Berry, S.; Davidson, K. Improving the economics of building energy code change: A review of the inputs and assumptions of economic models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 58, p. 157-166, 2016.

Casals, X. G. Analysis of building energy regulation and certification in Europe: Their role, limitations and differences. **Energy and Buildings**, v. 38, p. 381-392, 2006.

Comissão Europeia. Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings. **Jornal Oficial da Comunidade Europeia**, 2002.

Comissão Europeia. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council, of 19 May 2010, on the energy performance of buildings. **Jornal Oficial da Comunidade Europeia**, 2010.

Comissão Europeia. Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council, of 25 October 2012, on energy efficiency, amending directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing directives 2004/8/EC and 2006/32/EC. **Jornal Oficial da Comunidade Europeia**, 2012.

Chikh, M.; Mahrane, A.; Bouachri, F. PVSST 1.0 sizing and simulation tool for PV systems. **Energy Procedia**, v. 6, 2011, p. 75-84, 2011.

Dixon, R. K.; McGowan, E.; Onysko, G.; Scheer, R. M. US energy conservation and efficiency policies: Challenges and opportunities. **Energy Policy**, v. 38, p. 6398-6408, 2010.

Energy Informative Which Solar Panel Type is Best? Mono- vs. Polycrystalline vs. Thin Film. Disponível em: <http://energyinformative.org/>. Acesso em: 20 de maio de 2016.

Espanha, Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción. **Diário Oficial da Espanha**, 2007.

Espanha. Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. **Diário Oficial da Espanha**, 2013.

Pérez-Lombard L. P.; Ortiz J.; Pout C. “A review on buildings energy consumption information”, **Energy and Buildings**, v. 40, p. 394-398, 2008.

Pérez-Lombard, L.; Ortiz, J.; González, R.; Maestre, I. R. A review of benchmarking, rating and labeling concepts within the framework of building energy certification schemes. **Energy and Buildings**, v. 41, p. 272-278, 2009.

López-Peña, A.; Pérez-Arriaga, I.; Linares, P. Renewables vs. energy efficiency: The cost of carbon emissions reduction in Spain. **Energy Policy**, v. 50, p. 659-668, 2012.

Martínez-Molina, A.; Tort-Ausina, I.; Cho, S.; Vivancos, J. L. Energy efficiency and thermal comfort in historic buildings: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 61, p. 70-85, 2016.

Paredes-Sánchez, J. P.; Villicaña-Ortíz, E.; Xiberta-Bernat; J. Solar water pumping system for water mining environmental control in a slate mine of Spain **Journal of Cleaner Production**, v. 87, p. 501-504, 2015.

Santamouris, M. Innovating to zero the building sector in Europe: Minimising the energy consumption, eradication of the energy poverty and mitigating the local climate change. **Solar Energy**, v. 128, p. 61-94, 2016.

Singh, S.; Banerjee, R. Estimation of rooftop solar photovoltaic potential of a city. **Solar Energy**, v. 115, p. 589-602, 2015.

Ürge-Vorsatz, D.; Novikova, A. Potentials and costs of carbon dioxide mitigation in the world's buildings. **Energy Policy**, v. 36, p. 642–661, 2008.

UVa - Universidad de Valladolid. **Comunicación**. Disponível em: <http://comunicacion.uva.es/>. Acesso em: 15 de dezembro de 2015.

UVa - Universidad de Valladolid. **Edificio Lucia**. Disponível em: <http://edificio-lucia.blogspot.com.br/>. Acesso em: 27 de abril de 2016.

8. Conclusão geral e recomendação de trabalhos futuros

8.1 Conclusão geral

O critério proposto nesta tese para ser incluído nas leis de ICMS Ecológico do Brasil, intitulado “Energia renovável e eficiência energética”, compostos por dez subcritérios que versam sobre energia hidráulica, solar fotovoltaica e térmica, eólica, biomassa, eficiência energética de edificações e cogeração, entre outras medidas, permitiria promover o aumento da independência energética regional, a redução das emissões de gases de efeito estufa e o aumento da geração de renda e empregos e de renda, por meio de uma política de compensação financeira, com benefícios aos municípios e aos estados.

8.2 Conclusões específicas

Esta tese apresentou uma série de estudos sobre ICMS Ecológico e eficiência energética de edificações, divididos em cinco capítulos, com suas conclusões específicas apresentadas a seguir.

8.2.1 Panorama, desafios e oportunidades do ICMS Ecológico no Brasil

A maioria das unidades federativas brasileiras possuem leis de ICMS Ecológico e mais de vinte critérios socioambientais tem sido empregados para repasse de recursos aos municípios têm sido utilizados. Entre os critérios mais adotados estão “Unidades de conservação ambiental”; “Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos”; “Conservação da água”, “Saúde” e “Educação”. Apesar do grande de critérios em uso, estes estão heterogeneamente distribuídos, havendo uma média nacional de quatro parâmetros socioambientais por estado, com participação média de 12% por lei estadual, de um total possível de 25%, conforme previsto na Constituição Federal. Portanto, há muita abertura para se expandir o uso de critérios ecológicos para repasse de ICMS nas diferentes unidades federativas, bem como para a criação de novos.

8.2.2 Proposição de critério de incentivo à energia renovável e eficiência energética para a leis de ICMS Ecológico

Elaborou-se um critério de incentivo às fontes renováveis de energia e eficiência energética, intitulado “Energia renovável e eficiência energética”, para o icms ecológico, a ser composto por dez subcritérios: i) Pequenas centrais hidrelétricas; ii) Energia solar fotovoltaica; iii) Energia eólica; iv) Usinas termelétricas à biomassa; v) Etanol combustível; vi) Energia solar térmica; vii) Cogeração; viii) Código de obras municipais com diretrizes de eficiência energética; iv) Certificação de eficiência energética de edifícios; e x) Política municipal de conservação de energia. Para cada um dos subcritérios, foram elaborados métodos de cálculos e sugeridas fontes para levantamento dos dados necessários para a realização dos cálculos.

8.2.3 Impactos financeiros da inclusão do critério “Energia renovável e eficiência energética” no repasse de ICMS em Minas Gerais e Espírito Santo

A inclusão do critério “Energia renovável e eficiência energética” no rateio de ICMS nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, permitiria beneficiar, respectivamente, 191 e 17 municípios em cada um dos estados, o que equivale nos dois casos aproximadamente 22% do total dos municípios. Ao se considerar uma alíquota de 1%, dos 25% que podem ser repassados conforme disposição estadual, seria possível destinar uma cota R\$ 76.415.256,84 em Minas Gerais e R\$ 22.263.027,50 no Espírito Santo por este critério, com base nos últimos valores de repasse disponibilizados por tais estados. O novo critério energético poderia incentivar o aumento da geração descentralizada de energia por fonte renovável nestes dois estados, o que seria interessante não só do ponto de vista ambiental, mas também de planejamento energética, uma vez que os mesmos importam mais de 50% de suas demandas de energia elétrica.

8.2.4 Estudo comparativo dos programas de certificação de eficiência energética de edifícios em vigor na Espanha e no Brasil

Nos últimos anos, Espanha e Brasil tem movidos esforços para aprimorar seus instrumentos legais de incentivo à eficiência energética, incluindo a promulgação de seus programas nacionais de certificação de edifícios. Ao se analisar a metodologia utilizada e difusão no setor da construção, pode-se dizer que a Espanha se encontra em um estágio mais consolidado que o Brasil. Entre os parâmetros presentes no sistema espanhol que poderiam ser adotadas no sistema brasileiro estão o desenvolvimento de sistemas de software de referência; quantificação das emissões de dióxido de carbono; e recomendações para a melhoria da eficiência energética para os edifícios certificados. Para os dois países, seria importante exigir de forma compulsória estudos de viabilidade econômica das medidas de melhoria dos edifícios certificados.

8.2.5 Análise energética de sistema solar fotovoltaico instalado em um edifício de energia positiva na Espanha

O Edifício Lucia apresenta um sistema solar fotovoltaico interessante, composto por quatro subsistemas independentes, um instalado em uma das fachadas e três na cobertura, cada um deles atendido por um inversor de frequência. Por meio de simulação computacional, foi verificado que o sistema solar fotovoltaico teria o potencial de gerar um total de 16.612 kWh de energia elétrica ao ano, sendo 10.832 kW proveniente do subsistema instalado na fachada e 5.780 kW dos subsistemas instalados na cobertura. Ao se comparar os valores obtidos por simulação com os medidos *in loco*, foi verificado que o subsistema presente na fachada estaria gerando uma quantia equivalente à 95% do valor encontrado por simulação, enquanto os subsistemas presentes na cobertura apenas uma quantia equivalente à apenas de 46% do valor simulado. Foi observado que os inversores dos subsistemas presentes na cobertura do edifício apresentaram mensagens de erros durante alguns dias no período de monitoramento, o que pode explicar em parte a grande diferença encontrada. Recomenda-se seja feita uma inspeção dos subsistemas presentes na cobertura para identificar e corrigir possíveis defeitos dos mesmos.

8.3 Sugestões para trabalhos futuros

A seguir, lista-se possíveis trabalhos futuros fruto desta tese:

- i. Levar a proposta de novo critério energético às Assembleias Legislativas Estaduais de Minas Gerais e Espírito Santo, em primeiro lugar, e posteriormente, para outros estados;
- ii. Propor modelos de ICMS Ecológico para estados que ainda não possuem este instrumento legal, as quais Amazonas, Maranhão, Rio Grande do Norte, Santa Catarina, Alagoas, Sergipe, Bahia e Roraima;
- iii. Propor diversificação de critérios para estados que possuem ICMS Ecológico, porém empregam poucos critérios sócio e/ou ambientais, incluindo Minas Gerais e Espírito Santo; e
- iv. Construir ferramenta computacional que permita simular custos e ganhos com ICMS Ecológico no estado de Minas Gerais, para auxiliar e tomada de decisão dos gestores municipais.