

## ANÁLISE DOS IMPACTOS NA MATRIZ ENERGÉTICA DO ESTADO DE MINAS GERAIS EM CONSEQUÊNCIA DE ALTERAÇÕES NO POTENCIAL HIDROLÓGICO

Leonardo B. Melo<sup>52</sup>  
Ângela Fortini<sup>2</sup>  
Antonella L. Costa<sup>3</sup>  
Ricardo B. Pinheiro<sup>4</sup>  
Wilson P. B. Filho<sup>5</sup>  
Wemerson R. Ferreira<sup>6</sup>

### RESUMO

A produção de energia no Brasil é fortemente dependente dos recursos hídricos. Com o crescimento populacional e o crescimento da economia, a pressão sobre a confiabilidade de fornecimento dos sistemas de geração hidrelétrica poderá enfrentar um contingenciamento sem precedentes, em cenários de escassez destes recursos. Este artigo apresenta a importância de investigação do nexos água-energia-emissões em cenários baseados na depleção, cada vez mais severa, dos recursos hídricos. A investigação aborda as consequências para a matriz energética do estado de Minas Gerais, uma vez que o contingenciamento da geração hidrelétrica acarretará demanda por outras fontes primárias de energia e, por consequência, necessidade de apuração das emissões dos gases de efeito estufa decorrentes das escolhas que serão feitas. A alteração da matriz energética do estado poderá gerar externalidades e merece adequada quantificação.

**PALAVRAS-CHAVE:** recursos hídricos; energia; emissões; matriz energética.

<sup>1</sup> Engenheiro Eletricista pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG), Mestre em Ciências e Técnicas Nucleares pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e Doutorando em Ciências e Técnicas Nucleares pela UFMG – leobarrouin@gmail.com

<sup>2</sup> Engenheira Eletricista pela UFMG, Doutora em Ciências e Técnicas Nucleares pela UFMG, Professora do Departamento de Engenharia Nuclear (DEN) da UFMG – fortini@nuclear.ufmg.br

<sup>3</sup> Bacharel em Física pela UFMG, doutora em Segurança Nuclear e Industrial pela Universidade de Pisa, Professora no DEN-UFMG – antonella@nuclear.ufmg.br

<sup>4</sup> Engenheiro Mecânico e Eletricista pela UFMG, Docteur 3ème Cycle pela Faculté des Sciences d'Orsay, Université de Paris XI, Professor voluntário no DEN-UFMG – rbrantp@gmail.com.

<sup>5</sup> Engenheiro de Energia pela PUC-MG, MBA em Gestão de Projetos pelo Instituto de Educação Tecnológica de Minas Gerais (IETEC), pesquisador na Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM) – wemerson.ferreira@meioambiente.mg.gov.br.

<sup>6</sup> Engenheiro Civil pela PUC-MG, Mestre em Gestão e Auditoria Ambiental pela Universidad Europea Miguel de Cervantes, Doutorando em Ciências e Técnicas Nucleares pela UFMG, pesquisador na FEAM – wilson.filho@meioambiente.mg.gov.br.



## 1 INTRODUÇÃO

Com a predominância da energia hidrelétrica no Brasil, a obtenção de um fornecimento de energia estável ao longo das estações do ano tem sido um desafio histórico para decisões de planejamento da operação do setor de energia, devido às flutuações sazonais de amplitude significativa da energia hidrelétrica. A produção de eletricidade no Brasil e particularmente em Minas Gerais é predominantemente derivada de Usinas Hidrelétricas de Energia (UHE).

A disponibilidade dos recursos hídricos tem sido uma questão de crescente preocupação no meio acadêmico e científico há alguns anos [3]. Estudos específicos vêm demonstrando a fragilidade e os riscos a que estão submetidos os sistemas socioeconômico e energético; no primeiro momento com a irregularidade da distribuição hídrica natural e em segundo momento com a escassez insistente e comprovada (persistência da seca) [1, 2].

Recentemente, os níveis dos reservatórios caíram significativamente, tendo, como consequência, uma flutuação da matriz elétrica hídrica para a matriz elétrica hidrotérmica, com uso predominante de Usinas Termelétricas movidas a combustível fóssil.

É absolutamente pertinente a investigação das consequências provenientes da falta de recursos hídricos, tanto para a escolha da composição das fontes energéticas que possam suprir eventuais supressões da geração hidroelétrica, quanto para avaliar o custo ecológico cobrado pelas emissões de gases poluentes despejados na atmosfera. Além disso, consequências não menos importantes concorrem para a gravidade da situação, como por exemplo, impactos socioeconômicos, uma vez que a irrigação para a produção de alimentos assume posição relevante no consumo de água, a própria necessidade de água de qualidade para consumo humano, o deslocamento geográfico de pessoas em busca de água, alterações demográficas e várias outras [10].

As situações geradas por estas questões são aspectos caracterizados como externalidades e estarão associados ao mesmo problema [5].

## 2 OS FATORES CONJUGADOS

Em Minas Gerais foram construídos grandes reservatórios capazes de estocar

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.181-194, dez. 2015.

água no período úmido, que são convertidos em energia elétrica no período seco, mantendo uma regularização na vazão efluente. Contudo, devido aos grandes impactos ambientais gerados pela instalação de usinas hidrelétricas com reservatórios, somados às restrições físicas e ambientais, nos últimos anos deu-se como resultado o investimento na construção de usinas a fio d'água no estado, sendo a redução da capacidade de regularização da geração um corolário imediato dessas limitações.

Há uma tendência de que a capacidade de regularização dos reservatórios ficará cada vez mais restrita dado que a carga irá aumentar, mas o volume dos reservatórios não. A crescente restrição de atender a carga no período seco impõe ao sistema elétrico brasileiro o desafio de complementar o parque hídrico com usinas que tenham a vocação para operarem na base do sistema durante o período seco.

O 28º Balanço Energético do estado de Minas Gerais, 2013 - ano base 2012, é o mais recente balanço energético que foi elaborado pela Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, através da Superintendência de Tecnologia e Alternativas Energéticas, no âmbito do Conselho Estadual de Energia – CONER, coordenado pela Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico – SEDE e concentra informações sobre a matriz energética estadual, consolidando a série histórica do período 1978/2012 [4].

O balanço global de energia estadual para o ano de 2012 é apresentado na Tabela 1, sendo a tonelada equivalente de petróleo (tep) a unidade de medida comum para os itens da tabela, considerando o somatório de todos os energéticos após a conversão para esta unidade e o percentual de participação de cada etapa. Os ajustes referem-se à diferença entre a oferta e o consumo de energia. O estudo informa que para o período 1978/2012 a demanda de energia cresceu a uma taxa de 2,6% ao ano no estado [4].

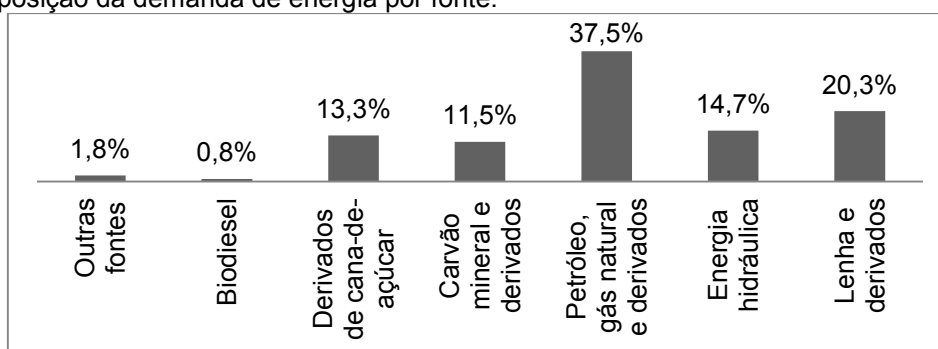
Tabela 1: Balanço global de energia em Minas Gerais (2012)

<b>Balanço Global de Energia – 2012 (10<sup>6</sup> tep / %)</b>	
Importação	21.003/56,0%
Produção	18.873/50,3%
Exportação	2.765/-7,4%
Variação de estoques	384/1,0%
Ajustes	-6/0,0%
Demanda total – 2012	37.488

Fonte: 28º BEEMG - CEMIG (2013) [4].

A importação consiste basicamente de petróleo (e derivados) e carvão mineral. A exportação inclui energia elétrica e derivados de petróleo. A composição da demanda de energia por fonte, para o ano base de 2012, está reunida na Figura 1. A demanda total de energia em Minas Gerais em 2012 representou 13,1% da demanda total de energia no Brasil. Pode-se observar marcante presença (51%) das fontes renováveis de energia para aquele ano e, naturalmente, boa parte tem origem na geração hidráulica [4].

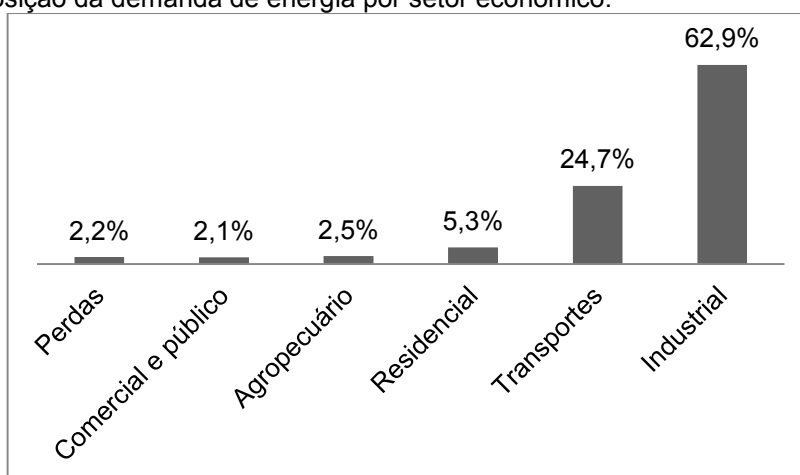
Figura 1. Composição da demanda de energia por fonte.



Fonte: 28º BEEMG - CEMIG (2013) [4].

A Figura 2 contém a demanda de energia para o ano base de 2012 por setor econômico. O setor industrial aparece em primeiro lugar na demanda de energia, seguido pelo setor de transportes em segundo e, mais distante em termos de demanda energética, está o setor residencial em terceiro.

Figura 2. Composição da demanda de energia por setor econômico.



Fonte: 28º BEEMG - CEMIG (2013) [4].

Em 2012 foi verificado que cerca de 90% da energia elétrica produzida em Minas Gerais provém da geração hidráulica e esta fonte energética possui

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.181-194, dez. 2015.

participação significativa no consumo final dos setores residencial (40,1%); comercial e público (93,5%); industrial (20,7%) e agropecuário (27,9%), quando comparada com as demais fontes em cada setor. Ela está presente também no consumo final do setor de transportes, mas em menor proporção [4].

O estudo “A Matriz Energética de Minas Gerais 2007 a 2030”, publicado pelo Conselho Estadual de Energia (CONER) [13], elucida que a geração e transmissão de energia elétrica no estado estão integrados ao Sistema Interligado Nacional (SIN) e sua operação é feita de forma integrada pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), com o escopo de manter os ganhos sinérgicos da operação coordenada de modo a garantir a continuidade, a qualidade e a economicidade do suprimento de energia elétrica. Nesse estudo, a lógica da inserção de Minas Gerais no SIN foi modelada no programa MESSAGE, *software* que auxilia na tomada de decisão quanto à ampliação da capacidade de geração ou à importação de energia, dependendo da economicidade.

O estudo criou dois cenários para auxiliar as políticas públicas estaduais: o Cenário “Referência” e o Cenário “Alternativo”. Ao analisar os dados obtidos neste estudo sobre a demanda e geração de eletricidade no estado de Minas Gerais no período 2025 a 2030, nota-se que em ambos os cenários haverá necessidade de importação de energia de outros estados para suprir a demanda interna. No Cenário “Referência” a estimativa apontada é de 17,1%, enquanto no Cenário “Alternativo” esta estimativa cai para 8,7%.

Os resultados apresentados em [13] instigam a necessidade de repensar o uso da energia na economia mineira, reduzir a dependência externa, avaliar novas tecnologias em busca da eficiência energética e agregar maior valor à indústria mineira, com a implementação de um planejamento energético e ambiental por territórios.

Verificando os dados apresentados até o momento, pode-se notar que a escassez do recurso hídrico poderá requerer alterações, tanto nas escolhas das fontes energéticas na matriz energética quanto diretamente sobre a vida das populações por motivos que serão apresentados a seguir.

### **3 PREVISÃO DE CUSTOS**

O Sumário Executivo do Plano de Energia e Mudanças Climáticas de Minas R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.181-194, dez. 2015.

Gerai (2015) elaborado pela Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM aponta perdas contabilizadas ao estado de cerca de R\$12,8 bilhões de reais desde 2008 por danos e prejuízos decorrentes dos eventos climáticos (seca e fortes chuvas). A estimativa conservadora dos custos provocados pelas alterações climáticas chega a R\$450 bilhões de reais até 2050, caso não sejam tomadas providências planejadas e objetivas [7].

Como a crise poderá se abater em todas as regiões do estado, as desigualdades regionais tenderão a se acentuar, uma vez que áreas potencialmente afetadas também poderão ser as menos desenvolvidas. Os impactos totais poderão assumir valores elevados quando são consideradas as externalidades derivadas das mudanças climáticas, tais como doenças associadas à qualidade da água e do ar, subnutrição, fluxos migratórios, redução do turismo, perda de biodiversidade, desertificação e caos crescente nas zonas urbanas.

#### **4 ELEMENTOS AGRAVANTES: POPULAÇÃO E PIB**

A população do estado de Minas Gerais estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE para o ano de 2014 é de 20.734.097 habitantes. Entre 2000 e 2010 a taxa de crescimento anual da população do estado foi de 0,91%. O crescimento populacional exerce grande pressão sobre a demanda de energia do estado, e, por consequência, no crescimento da emissão dos gases de efeito estufa. O Produto Interno Bruto – PIB do estado reflete a atividade econômica, que por sua vez tende a acompanhar o crescimento populacional do estado e do país.

Portanto, o estado de Minas Gerais tal como se apresenta, encontra-se vulnerável e susceptível a um eventual ajuste de abastecimento energético, decorrente de cenários de escassez hídrica.

#### **5 A EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

A questão da emissão de gases de efeito estufa (GEE) pontuada pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), atribui às motivações antropogênicas como as principais causadoras das alterações climáticas no planeta, através de múltiplas atividades agressivas ao meio ambiente.

A emissão de gases de efeito estufa é o indicador mais contundente destas R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.181-194, dez. 2015.

atividades e se tornou um balizador por parte de vários países na implementação de estudos e projetos, numa tentativa de controle dos efeitos causados pelas atividades humanas nos últimos séculos.

Estima-se que as emissões no estado alcançaram 108 MtCO<sub>2e</sub> (milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente) em 2010 e poderão chegar a 173 MtCO<sub>2e</sub> até 2030, um crescimento de 60%. O setor de energia deverá ser o principal emissor de GEE em 2020, superando o setor agropecuário [6, 7]. A Tabela 2 mostra os percentuais de emissões por setor para o ano base de 2010 [9].

Tabela 2: Emissões líquidas de GEE por setor para o estado de Minas Gerais – Ano base 2010.

<b>Emissões líquidas de CO<sub>2e</sub> por setor para o estado de Minas Gerais</b>	
Energia	33,7%
Processos Industriais	5,7%
Agropecuária	41,2%
Mudança de uso do solo	15,0%
Tratamento de resíduos	4,4%

Fonte: Tabela Geral de Emissões – SEEG [9].

## **6 AS EXTERNALIDADES PRESENTES**

Segundo a teoria econômica, o termo externalidade é aplicado para caracterizar os impactos socioambientais de determinado evento, podendo ser quantificado em valores monetários [5].

A premissa da alteração do regime hidrológico para o estado de Minas Gerais acarreta incertezas quanto ao fornecimento de energia hidroelétrica, em razão da diminuição dos níveis dos reservatórios para o caso das grandes usinas e na redução da vazão que comprometa a geração das pequenas e médias usinas a fio d'água.

Para o estudo em questão, algumas externalidades podem ser quantificadas e estarão relacionadas às questões a seguir:

1. Doenças associadas à qualidade da água e do ar;
2. Emissão de gases de efeito estufa;
3. Fluxos migratórios;
4. Perda de biodiversidade;
5. Perda de áreas cultiváveis (desertificação);
6. Alteração ainda mais prejudicial de uso do solo;
7. Saneamento e distribuição habitacional em zonas urbanas;
8. Necessidade de tratamento de esgoto;

9. Redução da atividade econômica;

10. Outras.

## 7 METODOLOGIA

Estabelecer cenários baseados no indicador de intensidade ( $tCO_2e/habitante$ ) é uma forma coerente de avaliar as alterações climáticas sobre o setor energético do estado. Entretanto o que se busca é caracterizar a alteração climática através da redução do recurso hídrico e que traga impacto direto na geração hidroelétrica, tema sob investigação.

Ainda que a ciência lide com a incerteza sobre os cenários de emissões, por sua complexa formação multifatorial, e pela incerteza sobre a variabilidade natural do sistema climático, já que os processos físicos e químicos que ocorrem na atmosfera são de natureza não-linear, é necessário que um planejamento estratégico possa quantificar as consequências das alterações destas variáveis, mesmo considerando determinada margem de erro [8].

A projeção do índice de redução a ser adotado para a produção de eletricidade para determinado horizonte de estudo, atrelada aos dados do crescimento populacional e da economia do estado para o período em questão, possibilitará quantificar a necessidade a ser suprida na substituição desta fonte energética por outra (ou por uma composição de fontes) que atenda satisfatoriamente a demanda energética, ainda que sob pena do aumento da intensidade da emissão dos gases de efeito estufa. Desta forma será possível simular as condições de depleção dos recursos hídricos sobre a matriz energética do estado e estabelecer projeções.

Dadas as condições do desenvolvimento construtivo das plantas energéticas e do sistema de distribuição da energia elétrica no estado de Minas Gerais, pode-se supor que as usinas termoelétricas sejam opções imediatas à necessária substituição, mas ainda assim é prudente reconhecer que estas usinas estão submetidas a sérios riscos relativos à confiabilidade do suprimento de gás de uma fonte externa (Bolívia). Sobre as outras opções energéticas sabe-se que o carvão mineral brasileiro é de baixa qualidade e a opção por óleo combustível elevaria a emissão de poluentes drasticamente.

A Tabela 3 mostra o panorama da evolução da oferta e do consumo de eletricidade no estado de Minas Gerais, do ano de 2005 a 2012. Os valores registrados R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.181-194, dez. 2015.



na linha “Produção” da Tabela 3 são aqueles nos quais o efeito da redução de recursos hídricos deverá se apresentar de maneira direta.

Tabela 3: Evolução da oferta e do consumo de Eletricidade (mil tep).

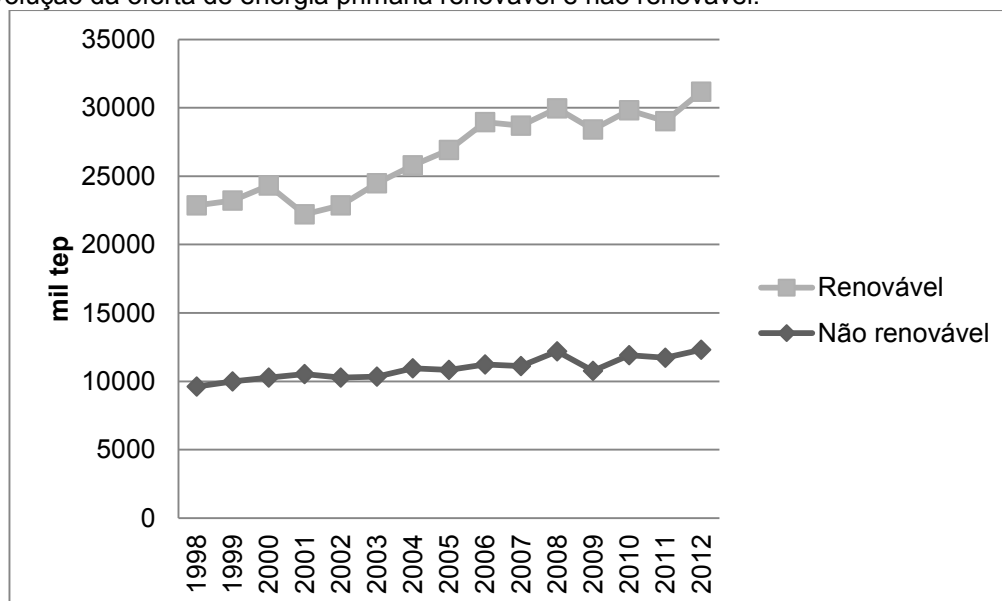
Setor \ Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Oferta total	3952	4131	4331	4495	4241	4833	5049	5144
Produção	4809	5698	5647	5375	5829	5643	5699	6376
Importação	1522	1853	2201	1796	1565	1895	2019	1783
Exportação	-	-	-	-	-	-	-	-
	1900	2816	2897	2050	2532	2074	2045	2326
Perdas	-479	-604	-620	-625	-620	-630	-624	-690
Consumo total	3952	4131	4331	4495	4241	4833	5049	5144

Fonte: 28º BEEMG - CEMIG (2013) [4].

Uma vez realizada a avaliação da fonte energética (ou composição de fontes energéticas) apta a suprir o fornecimento de energia elétrica, será possível quantificar a intensidade da emissão de gases poluentes.

A Figura 3 mostra a evolução da oferta de energia primária renovável e não renovável. É interessante observar nesta figura a grande participação de recursos renováveis na matriz energética do estado, o que não deixa de ser uma característica muito favorável quando se trata de sustentabilidade. A substituição da geração hidráulica por fontes não renováveis deverá produzir alterações sensíveis na evolução mostrada pela Figura 3.

Figura 3. Evolução da oferta de energia primária renovável e não renovável.



Fonte: 28º BEEMG - CEMIG (2013) [4].

A apuração das externalidades associadas ao processo das mudanças climáticas deverá ser estudada detalhadamente para cada região de desenvolvimento do estado, conforme dados socioeconômicos específicos locais e considerando a amplitude do impacto provocado em cada atividade. Os cálculos para contabilização deverão incluir valores estimados de perdas em diversas situações, tais como as citadas no item externalidades presentes, provavelmente outras mais, e deverão requerer minucioso trabalho de levantamento de dados, levando-se em consideração a complexidade e extensão das atividades envolvidas.

## **8 DISCUSSÃO**

Embora o cenário aponte para situações de risco e vulnerabilidade, não se pode perder de vista o surgimento das oportunidades de melhoria que aparecem nesse momento e que podem colaborar para a mitigação das condições climáticas severas. Desta forma, há a possibilidade de renovação de ideias e procedimentos que poderão nortear ações nos novos tempos de dificuldades.

O comportamento do sistema climático é imprevisível e permanece sendo um desafio para a comunidade científica no que diz respeito ao modelamento para a obtenção de dados seguros e que possibilitem planejamentos objetivos.

A capacidade de suprimento energético é limitada e é possível que o próprio crescimento da população, em determinado momento futuro, exerça tal pressão sobre os sistemas de geração de energia que uma revisão no suprimento energético tornar-se-á prioridade para a gestão pública. Neste sentido, é provável que o evento das mudanças climáticas tenha catalisado esta condição que hoje se observa. O crescimento populacional é um agravante neste contexto.

De maneira geral, uma série de medidas de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas pode ser conduzida desde já, possibilitando gerar conhecimento e permitir a soma de esforços para que as situações de maior rigor das consequências climáticas possam ser enfrentadas com maior grau de certeza e maior capacidade de minimização de impactos.

## **9 POTENCIAL DE OPORTUNIDADES**

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.181-194, dez. 2015.

O que se pretende é, naturalmente, minimizar os efeitos da presença humana e dar chance de recuperação regional, conduzindo ações que permitam o aumento da eficiência energética em todos os setores; conscientização e sensibilização definitivas da população quanto à fragilidade das condições da vida no estado, no país e no planeta; recuperação de áreas degradadas; combate efetivo e incentivado financeiramente do desmatamento; aproveitamento de resíduos; capacitação e prevenção de desastres naturais; incentivo à implantação e ao uso da energia solar; proteção irrevogável e absoluta de nascentes e mananciais hídricos e também da biodiversidade; garantia da segurança hídrica; incentivo de cooperação nacional e internacional na questão; entre outras.

Em agosto de 2013 entrou em vigor o Decreto nº 46.296 em Minas Gerais, para criar o Programa Mineiro de Energia Renovável – Energias de Minas (PMER) e que tem como objetivo promover e incentivar a produção e o consumo de energia de fontes renováveis, bem como contribuir com o desenvolvimento sustentável. De acordo com o artigo 2º, serão concedidos incentivos fiscais e tratamento tributário diferenciado aos empreendimentos localizados em Minas Gerais, na forma da legislação tributária [11].

Foi também criada a Lei nº 20.849/2013, que institui a política estadual de incentivo ao uso da energia solar, com os seguintes objetivos [12]:

1. Aumentar a participação da energia solar na matriz energética do estado;
2. Contribuir para a eletrificação de localidades distantes de redes de distribuição de energia elétrica;
3. Estimular o uso de energia fotovoltaica em áreas urbanas e rurais;
4. Estimular o uso de energia termos solar em unidades residenciais, industriais, agrícolas, comerciais e de serviços;
5. Reduzir a demanda de energia elétrica em horários de pico de consumo;
6. Contribuir para a melhoria das condições de vida de famílias de baixa renda;
7. Contribuir para a diminuição da emissão de gases de efeito estufa;
8. Contribuir para a redução de áreas a serem alagadas para a geração de energia hidrelétrica;
9. Estimular a implantação, em território mineiro, de indústrias de equipamentos e materiais utilizados em sistemas de energia solar;
10. Estimular o desenvolvimento e a capacitação de setores comerciais e de serviços relativos a sistemas de energia solar.

Esse arcabouço jurídico que vem sendo desenvolvido pelo estado visa o crescimento do mercado energético, o desenvolvimento socioeconômico e o aumento da participação das fontes de energia renovável na matriz elétrica mineira, visto a grave crise hídrica no estado.

## **10 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A oferta das fontes primárias renováveis de energia da matriz energética do estado de Minas Gerais nos últimos anos foi superior em relação à oferta das fontes primárias não renováveis. Esta é uma constatação positiva quando relacionada à sustentabilidade, entretanto a manutenção desta condição é precária e necessita de planejamento em relação às vulnerabilidades para os próximos anos.

Trata-se de tornar claras quais serão as estratégias de adaptação às novas condições de sobrevivência diante das ameaças das consequências climáticas e que possam consolidar as ações de mitigação apontadas no rol das oportunidades.

As fontes alternativas têm papel importante na expansão dessa matriz energética mineira, pois tende a crescer sua participação independentemente de outras fontes, além de apresentarem grande vantagem do ponto de vista ambiental, o que se mostra fundamental para a diminuição das emissões de gases impactantes no efeito estufa. Outro ponto importante é a possibilidade de atuar tanto na geração centralizada de grandes usinas, como na geração descentralizada de micro e mini gerações. A matriz energética brasileira, e a mineira em destaque, estão passando por um processo acelerado de transição, onde se faz necessário selecionar criteriosamente os empreendimentos futuros, com incentivo para o desenvolvimento sustentável.

A responsabilidade do poder público na condução das medidas de enfrentamento é incontestável e deve caminhar no sentido do estímulo a um processo participativo, realizando o monitoramento e controle de programas coerentes com a dimensão do problema, contemplando, dentre outras medidas, a concessão de incentivos tributários para tecnologias sustentáveis, remunerar a defesa da cobertura vegetal e da biodiversidade, capacitar as populações quanto às condições de contingenciamento de recursos e formar conhecimento especializado para a busca de soluções.

## ANALYSIS OF IMPACTS ON THE ENERGY MATRIX OF MINAS GERAIS STATE IN CONSEQUENCE OF CHANGES IN HYDROLOGICAL POTENTIAL

### ABSTRACT

Energy production in Brazil is heavily dependent on water resources. With population and economic growth, pressure on the reliability of supply of hydroelectric generation systems could face an unprecedented contingency in shortage scenarios these resources. This article presents the importance of research of water-energy-emissions nexus into scenarios based on the increasingly severe depletion of water resources. The research discusses the consequences for the energy matrix of the State of Minas Gerais, once the contingency of hydroelectric generation will cause demand for other primary energy sources and, for that reason, will be necessary calculate emissions of greenhouse gases resulting from choices that will be made. The changing the energy matrix of the State of Minas Gerais can generate externalities, deserving proper quantification.

**KEYWORDS:** water resources; energy; emissions; energy matrix.

### REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (2015). *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – Informe 2014*. Brasília, 2015. 107p. Disponível em: < <http://conjuntura.ana.gov.br/>> Acesso em 02/07/2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (2015). *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – Informe 2014 - Encarte Especial sobre a Crise Hídrica*. Brasília, 2015. Disponível em: < <http://conjuntura.ana.gov.br/>> Acesso em 26/07/2015.

ALVES, L.A. *A valoração dos impactos ambientais associados à expansão da Matriz Elétrica Brasileira: proposta de instrumentos econômicos para a promoção das fontes alternativas e limpas*. 2009. 173f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS S/A - CEMIG (2014). *28º Balanço Energético do Estado de Minas Gerais - BEEMG 2013: ano Base 2012*. Disponível em: <[http://www.cemig.com.br/pt-br/A\\_Cemig\\_e\\_o\\_Futuro/inovacao/Alternativas\\_Energeticas/Documents/BEEMG.pdf](http://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/inovacao/Alternativas_Energeticas/Documents/BEEMG.pdf)> Acesso: 12/07/2015.

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.181-194, dez. 2015.

FERREIRA, V.V.M. *Avaliação de Externalidades do Setor Hidrelétrico no Estado de Minas Gerais*. 2004. 192f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio-Ambiente e Recursos Hídricos). Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais. Belo Horizonte, 2004.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM (2014). Governo do Estado de Minas Gerais. *Estudo de Vulnerabilidade Regional às Mudanças Climáticas*. Belo Horizonte, janeiro de 2014. Disponível em: < <http://www.feam.br/noticias/1/1298-publicacoes-> Acesso em 08/07/2015.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM (2015). Governo do Estado de Minas Gerais. *Plano de Energia e Mudanças Climáticas de Minas Gerais- Sumário Executivo*. Belo Horizonte, 2015. Disponível em: < <http://www.feam.br/noticias/1/1298-publicacoes-> Acesso em 08/07/2015.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS – PBMC (2014). *Base Científica das Mudanças Climáticas – Volume 1 – 1º Relatório de Avaliação Nacional*. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 464 pp. Disponível em: < <http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/pt/publicacoes/documentos-publicos> > Acesso em: 14/07/2015.

SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA – SEEG. *Tabela Geral de Emissões*. Disponível em: <<http://www.seeg.eco.br/tabela-geral-de-emissoes/>> Acesso: 14/07/2015.

ASSUNÇÃO, F. N. A.; BURSZTYN, M. A. A. (2001). “*Conflitos pelo uso dos recursos hídricos*” in *Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais*. Organizado por Theodoro, S. H., Garland/CDS, Rio de Janeiro.

BRASIL. ESTADO DE MINAS GERAIS. *Decreto Estadual nº46. 296, de 14 de agosto de 2013*. Dispõe sobre o Programa Mineiro de Energia Renovável - Energias de Minas - e de medidas para incentivo à produção e uso de energia renovável. Publicação - Minas Gerais Diário do Executivo - 15/08/2013 pág. 1 col. 1.

BRASIL. ESTADO DE MINAS GERAIS. *Lei Estadual nº20. 849, de 08 de agosto de 2013*. Institui a Política Estadual de incentivo ao uso da energia solar. Publicação - Diário do Executivo - 09/08/2013 pág. 1 cole 1.

SCHAEFFER, R., SZKLO, A. S., NOGUEIRA, L. A. H., e SANTOS, A. H. M. (2007). “*Matriz Energética de Minas Gerais 2007 a 2030*”, Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ (PPE) e Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).