

ENERGIA RENOVÁVEL: DIAGNÓSTICO DA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE EM PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO ESTADO DE MINAS GERAIS

GUSTAVO NIKOLAUS PINTO DE MOURA (UFRJ)

gustavonikolaus@yahoo.com.br

AUXILIADORA MARIA MOURA SANTI (UFOP)

auxiliadora@em.ufop.br



As Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's) são consideradas importantes fontes para geração de eletricidade no Brasil em tempos recentes, tendo em vista sua classificação como fonte de energia renovável, as crescentes demandas por eletricidade e os prognósticos catastróficos do aquecimento global. Neste contexto, propôs-se elaborar um diagnóstico da geração de eletricidade em Pequenas Centrais Hidrelétricas no Estado de Minas Gerais, considerando a legislação básica, os programas governamentais, as características tecnológicas das usinas, as bacias hidrográficas nas quais as PCH's estão instaladas, os impactos ambientais associados à implantação desses empreendimentos, o número de PCH's em operação, em fase de construção ou em fase de outorga, os agentes econômicos proprietários das PCH's e o destino da energia gerada. Constatou-se que há 78 PCH's em operação, 9 em construção e 48 em outorga, em Minas Gerais. O maior número de PCH's em operação, representando 92,5% do número total das PCH's no Estado e 90,3% da potência instalada das PCH's encontra-se instalado nas bacias hidrográficas do rio São Francisco, Doce, Grande e Paraíba do Sul. O setor têxtil possui cinco empresas, o maior número de Autoprodutores de Energia Elétrica em PCH'. É notável a participação das indústrias metalúrgicas na geração de eletricidade em PCH's, com 49.172kW, ou seja, 41% da potência instalada. Destaca-se por fim que as PCH's não estão automaticamente associadas a impactos ambientais de menor significância ou magnitude, pois são empreendimentos que podem infligir impactos ambientais tanto para um bioma determinado, quanto para as populações humanas, particularmente as populações ribeirinhas atingidas pelas obras e pela formação do reservatório.

Palavras-chaves: Energia renovável, hidreletricidade, PCH, impactos ambientais

1. Introdução

A motivação para o desenvolvimento de estudos e pesquisas envolvendo a geração de energia elétrica em pequenas centrais hidrelétricas – PCH's decorre do papel que tais empreendimentos vêm desempenhando no cenário energético brasileiro em anos recentes, considerando dois aspectos principais: o primeiro, relacionado à demanda crescente de energia elétrica associada ao crescimento econômico e a previsibilidade de escassez do insumo, especialmente depois do episódio do “apagão” ocorrido em 2000, atribuído ao processo de privatização pelo qual passou o Setor Elétrico Brasileiro (ROSA, 2001) ; e o segundo, que se refere à promoção e ao incentivo para o uso de energias renováveis, tendo em vista os prognósticos negativos associados à intensificação do efeito estufa e do aquecimento global conseqüente. Destaca-se ainda que o processo de privatização do Setor Elétrico abriu espaço e oportunidades para a implantação de empreendimentos privados, destinados, prioritariamente, ao suprimento de eletricidade de empreendimentos energo-intensivos.

O Brasil insere-se no grupo de países que têm incentivado o emprego de novas fontes para a geração de energia que sejam menos poluidoras e que assegurem o crescimento da oferta do insumo energético de forma sustentável, contribuindo, assim, para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental tão almejado pela sociedade e para reduzir a carência de energia em regiões onde a eletricidade não está disponível, visando assegurar as necessidades básicas da população dessas regiões. As PCH's reúnem características que atendem a essas premissas.

No cenário nacional, o Estado de Minas Gerais destaca-se por possui grande potencial para o aproveitamento pequenos aproveitamentos hidrelétricos, devido à presença de numerosas bacias hidrográficas em seu território, bem como às características de seu relevo montanhoso.

A pesquisa que resultou no presente artigo agregou conhecimentos sobre o processo de implantação de infra-estrutura em geração de energia elétrica em PCH's, que se encontra em pleno curso no Estado de Minas Gerais, e sobre o qual ainda não foram realizados estudos sistemáticos considerando não somente os aspectos relativos à oferta e demanda de energia em si ou aos interesses econômicos envolvidos, mas também aos aspectos tecnológicos e às implicações ambientais característicos das PCH's.

Pretendeu-se, neste contexto, elaborar um diagnóstico da geração de eletricidade em Pequenas Centrais Hidrelétricas no Estado de Minas Gerais, considerando a legislação básica, os programas governamentais, as características tecnológicas das usinas, as bacias hidrográficas nas quais estão instaladas PCH's, os impactos ambientais associados à implantação desses empreendimentos, o número de PCH's em operação, em fase de construção ou em fase de outorga, os agentes econômicos proprietários das PCH's e o destino da energia gerada.

Este trabalho possui caráter investigatório baseado em pesquisa documental e pesquisa bibliográfica, além de visitas de campo, direcionadas à identificação e obtenção de dados e informações necessárias à análise e à compreensão do tema selecionado para ser estudado.

Os dados referentes ao número de PCH's em operação, em construção ou em fase de outorga no Estado de Minas Gerais, bem como a destinação da energia gerada, foram obtidos no Banco de Informações sobre Geração – BIG da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL; as bacias hidrográficas que abrigam PCH's foram identificadas a partir de mapas disponibilizados pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM, e os aspectos relacionados aos impactos ambientais foram identificados nos processos de licenciamento

ambiental desses empreendimentos, arquivados na Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM, órgão responsável pela análise da viabilidade ambiental da implantação de PCH's. O IGAM e a FEAM são órgãos integrantes do Sistema Estadual de Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais. Nesse contexto, o diagnóstico realizado possui implicações políticas, tecnológicas, sociais, econômicas e ambientais.

2. Aspectos tecnológicos e legais relacionados às Pequenas Centrais Hidrelétricas

De acordo com a legislação em vigor para o Setor Elétrico Brasileiro – Lei Federal nº. 9.648, de 27 de maio de 1998 e Resolução da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL nº. 652, de 2003 –, são consideradas PCH's “*os aproveitamentos hidrelétricos com potência superior a 1.000kW e igual ou inferior a 30.000kW, e com área de reservatório igual ou inferior a 3km², com delimitação pela cota d'água associada à vazão de cheia em tempo de recorrência de cem anos*”.

De acordo com a ANEEL (2007), na hipótese de ser excedido o limite de 3km² para a área de reservatório, o aproveitamento ainda será classificado como PCH, quando são atendidas, pelo menos, uma das seguintes condições:

- a) Atendimento à inequação:

$$A \leq \frac{14,3xP}{Hb}$$

Sendo **P** a potência elétrica instalada (MW), **A** a área do reservatório (km²); **Hb** a altura da queda bruta (m), definida pela diferença entre os níveis d'água máximo normal de montante e normal de jusante.

De acordo com essa inequação, a área do reservatório não poderá ser superior a 13km², medida máxima que caracteriza a maior parte das PCH's que se situam nas Regiões Norte e Nordeste do Brasil.

- b) Reservatório cujo dimensionamento foi calculado para atender a outros objetivos que não o de geração de energia elétrica deverá ter esta nova condição aprovada pela ANEEL, pela Agência Nacional de Águas – ANA, pelos Comitês de Bacia Hidrográfica, e pelos órgãos gestores de recursos hídricos e ambientais dos Estados e do Distrito Federal, no âmbito de suas respectivas competências, de modo a definir as dimensões do reservatório destinado ao uso múltiplo da água.

As PCH's são caracterizadas de acordo com sua capacidade de regularização do reservatório, as características construtivas do sistema de adução e a potência instalada ligada à queda do projeto.

Em relação à *capacidade de regularização do reservatório*, as PCH's podem ser de dois tipos – com ou sem reservatório de acumulação de água –, sendo que a escolha é condicionada pela vazão do rio onde o empreendimento será instalado. A PCH terá reservatório de acumulação com regularização diária e mensal, quando a vazão do rio no qual ela será instalada é inferior à necessidade do projeto para que a usina gere a potência máxima desejada, adotando-se, nesse caso, um projeto que prevê a formação de um reservatório para regularizar a vazão. A construção de reservatórios com regularização diária ou mensal é definida a partir de estudos de dimensionamento de parâmetros físico-operativos do projeto. A opção pela implantação de

uma PCH sem reservatório de acumulação, a fio d'água, ocorre quando a vazão de estiagem do rio é igual ou maior que a descarga necessária à potência projetada para atender à demanda máxima pretendida. Nesse caso, o sistema de adução deverá conduzir a descarga de água necessária à geração de potência suficiente para atender à demanda máxima. Em usinas desse tipo, o vertedouro é utilizado para extravasar o excesso de água quase que na totalidade do tempo (CNDPCH, 2007).

As PCH's podem ser dotadas de dois tipos de *sistemas de adução* – sistema de adução em baixa pressão com escoamento livre em canal/alta pressão em conduto forçado e sistema de adução em baixa pressão por meio de tubulação/alta pressão em conduto forçado. O primeiro é indicado como solução quando a inclinação da encosta e a fundação da barragem apresentarem condições propícias à construção de um canal, e o segundo é empregado quando há condições diferentes daquelas citadas, sendo então feita a opção pela adução por meio de uma tubulação (CNDPCH, 2007). A escolha de um dos sistemas de adução é determinada pelas condições topográficas e geológicas do local do aproveitamento hidráulico, assim como da realização de estudos de viabilidade econômica comparativos.

As PCH's ainda podem ser diferenciadas pela *potência instalada diretamente ligada à queda do projeto*, uma vez que, isoladamente, a potência de geração não é suficiente para caracterizar efetivamente a usina. A Tabela 1 apresenta as classes de PCH's de acordo com a potência instalada e a queda do projeto.

Classificação	Potência – P(kW)	Queda de Projeto – Hd (m)		
		Baixa	Média	Alta
Das centrais				
Micro	P<100	Hd<15	15<hd<50	hd>50
Mini	100<P<1000	Hd<20	20<Hd<100	Hd>100
Pequenas	1000<P<30000	Hd<25	25<hd<130	Hd>130

Fonte: CNDPCH (2007)

Tabela 1 – Classificação da PCH's em relação à potência e à queda do projeto

Outro aspecto a ser observado, refere-se aos agentes que constituem o mercado de energia elétrica no Brasil classificados em (ANEEL, 2007):

- *Autoprodutor de Energia Elétrica (APE)*: pessoa física ou jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebem concessão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao seu uso exclusivo;
- *Comercializador (COM)*: pessoa jurídica especialmente constituída para exercer a atividade de comercialização de energia elétrica, que compreende a compra e a venda de energia elétrica para concessionários, autorizados ou a consumidores que tenham livre opção de escolha do fornecedor, regulamentado pela Resolução nº 265 de 13 de agosto de 1998;
- *Concessionária de Serviço Público ou Permissionária (SP)*: agente titular de serviço público federal delegado pelo poder concedente mediante licitação, na modalidade de concorrência, a pessoa jurídica ou consórcio de Empresas para exploração e prestação de serviços públicos de energia elétrica, regulamentado pela Lei 8987 de 13 de fevereiro de 1995;

- *Produtor Independente de Energia Elétrica (PIE)*: pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebam concessão ou autorização do poder concedente para produzir energia elétrica destinada ao comércio de toda ou parte da energia produzida, por sua conta e risco.

Após a consolidação da regulamentação do Setor Elétrico brasileiro para as PCH's, o Governo Federal criou programas de incentivo ao desenvolvimento dessa fonte de energia através do *Programa de Desenvolvimento e Comercialização de Energia Elétrica de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCH-COM*, em 2001, que prevê a garantia de compra de energia das usinas pela Eletrobrás e o financiamento dos empreendimentos pelo BNDES, e o *Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA*, em 2002, com o objetivo de diversificar a matriz energética brasileira e obter soluções de cunho regional com a utilização de fontes renováveis de energia. Posteriormente, os Estados da Federação começaram a criar seus próprios programas de incentivo às PCH's, como o *Programa Minas PCH*, lançado em 2004 pelo Governo do Estado de Minas Gerais.

3. Panorama da geração de eletricidade em PCH's

Atualmente, há no Brasil 294 PCH's em operação, totalizando uma potência outorgada de 1.847.050kW, que, em 2007, foram responsáveis por 1,8% da oferta interna de energia elétrica (ANEEL, 2008). A maior parte das PCH's estão localizadas na Região Sudeste, embora a capacidade instalada concentre-se nos Estados de Minas Gerais (403.369kW), do Mato Grosso (396.645kW) e do Paraná (187.275kW), que respondem por 22,89%, 19,15% e 10,64%, respectivamente, pela capacidade instalada de geração em PCH's no País.

No que concerne aos empreendimentos em construção, 66 PCH's estão sendo construídas e irão acrescentar 1.171.300kW de potência ao Sistema Nacional, o que corresponde a 16,8% da capacidade instalada das usinas em construção.

Há 177 PCH's em processo de outorga e que adicionarão 2.703.675kW de potência ao Sistema Nacional, o que corresponde a 12,67% da capacidade instalada das usinas que estão em fase de outorga. Essas informações e dados estão compilados na Tabela 2.

PCH's em operação no Brasil			
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	%
PCH	294	1.847.050	1,81
Total	1.684	102.812.805	100
PCH's em Construção no Brasil			
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	%
PCH	66	1.171.300	16,8
Total	108	6.972.346	100
PCH's em Fase de Outorga no Brasil			
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	%
PCH	177	2.703.675	12,7
Total	510	21.331.430	100

Fonte: Moura (2008), elaborada a partir de ANEEL (2008)

Tabela 2 – Panorama das Pequenas Centrais Hidrelétricas no Brasil (2008)

3.1. Geração de eletricidade em PCH's no Estado de Minas Gerais

Em virtude de sua localização inserida em bacias hidrográficas de grandes rios brasileiros e ao seu relevo montanhoso, o Estado de Minas Gerais possui o maior potencial para a geração de eletricidade em PCH's, com potência de geração de 3.557MW, o que corresponde a 36% do potencial brasileiro que é estimado em 9.800MW (BERMANN, 2002). Minas Gerais possui ainda o maior parque de geração de eletricidade em PCH's entre os Estados brasileiros, com uma potência instalada de 402.357kW (BIG/ ANEEL, 2008).

De acordo com a ANEEL (2008), há 78 PCH's em operação no Estado de Minas Gerais, as quais são responsáveis pela geração de 402.357kW de potência, que são adicionados ao sistema elétrico estadual e correspondem a 2,21% da capacidade de geração do Estado.

Existem nove usinas sendo construídas no Estado, que totalizarão 178.800kW, correspondentes a 21,35% da potência das usinas em construção. Atualmente, existem 48 PCH's em fase de outorga no Estado de Minas Gerais com potência instalada equivalente a 676.115kW, o que corresponde à 66,68% da geração futura de energia elétrica em PCH's no Estado. A Tabela 3 apresenta a compilação dessas informações e dados.

Empreendimentos em operação em Minas Gerais			
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	%
PCH	78	402.357	2,21
Total	220	18.212.032	100

Empreendimentos em Construção em Minas Gerais			
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	%
PCH	9	178.800	21,4
Total	15	837.503	100

Empreendimentos em Fase de Outorga em Minas Gerais			
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	%
PCH	48	676.115	66,7
Total	87	1.013.969	100

Fonte: Moura (2008), elaborada a partir de ANEEL (2008)

Tabela 3 – Panorama das Pequenas Centrais Hidrelétricas em Minas Gerais (2008)

3.2. Bacias hidrográficas associadas aos projetos de PCH's em Minas Gerais

Durante a pesquisa, foram identificadas todas as bacias hidrográficas de Minas Gerais nas quais há PCH's em operação, aquelas onde há usinas em construção e aquelas que se referem aos projetos em fase de outorga. Pode-se verificar que a bacia hidrográfica com o maior número de PCH's em operação é a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, com 21 usinas. Em seguida, aparecem as Bacias Hidrográficas do Rio Doce, do Rio Paraíba do Sul e do Rio Grande, que possuem, respectivamente, 19, 17 e 16 PCH's. Entretanto, a maior capacidade instalada de geração de energia elétrica em PCH's no Estado encontra-se na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, que possui 17 usinas em operação, com potência total de 141.870kW.

Os nove empreendimentos de PCH em construção em Minas Gerais estão concentrados, em sua maioria, na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e na Bacia Hidrográfica do Rio Doce. Quando essas usinas entrarem em operação, serão adicionados ao sistema elétrico estadual 178.800kW de potência.

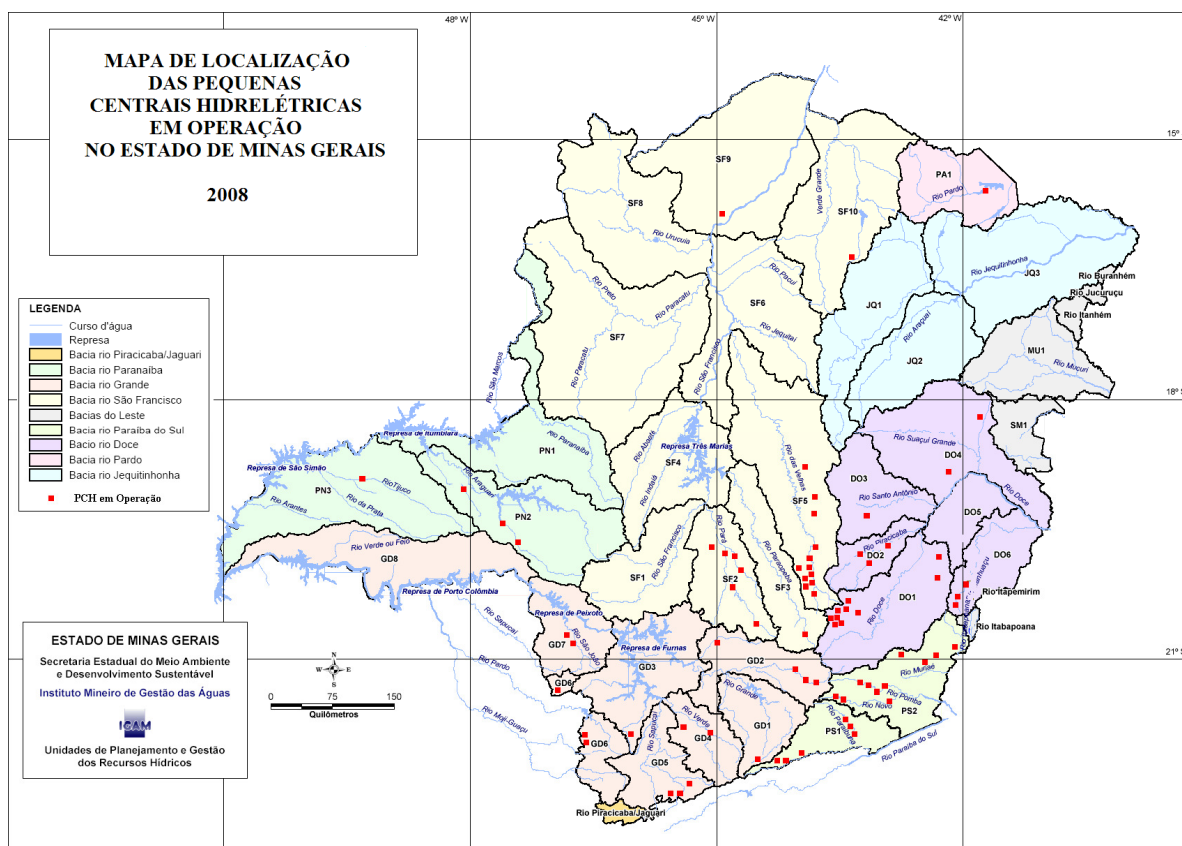
Há 48 PCH's cujo projeto está em processo de outorga. Essas usinas serão responsáveis pela geração de 678.615kW quando consolidadas. Verifica-se que existe grande número de pedidos de outorga para aproveitamentos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Doce, totalizando 30 usinas, com potencial de geração de 390.235kW.

Os dados e informações sobre a situação geográfica das PCH's em operação, em construção e em fase de outorga em Minas Gerais estão consolidados na Tabela 4. A localização das PCH's em operação, de acordo com as bacias hidrográficas correspondentes está assinalada no mapa da Figura 1.

PCH's	Em operação		Em construção		Em outorga		Total	
	nº	Pot (kW)	nº	Pot (kW)	nº	Pot (kW)	nº	Pot (kW)
Bacia Hidrográfica								
Rio São Francisco	21	60.367	0	0	4	80.020	25	140.387
Rio Doce	19	104.090	3	69.300	30	390.235	52	563.625
Rio Paraíba do Sul	17	141.870	4	89.000	3	29.360	24	260.230
Rio Grande	16	57.841	0	0	7	124.400	23	182.241
Rio Parnaíba	4	36.469	1	16.000	3	32.100	8	84.569
Rio Pardo	1	1.720	0	0	0	0	1	1.720
Rio Jequitinhonha	0	0	0	0	0	0	0	0
Rios do Leste	0	0	1	4.500	1	22.500	2	27.000
Rios Piracicaba-Jaguari	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	78	402.357	9	178.800	48	678.615	135	1.259.772

Fonte: Moura (2008), elaborada a partir de ANEEL (2008)

Tabela 4 – Localização das PCH's por bacia hidrográfica do Estado de Minas Gerais



Fonte: Moura (2008), elaborado com base em IGAM (2007)

Figura 1 – Localização das PCH's em operação no Estado de Minas Gerais

3.3 Destino da energia gerada nas PCH's em operação no Estado de Minas Gerais

Na investigação realizada, foram obtidos dados e informações sobre o número de usinas e a potência total das PCH's em operação no Estado de Minas Gerais de acordo com os diferentes tipos de *agentes de geração*. Há 32 agentes responsáveis pelas PCH's em operação no Estado de Minas Gerais, inserindo-se, principalmente, nos setores energético, público e industrial. Os resultados encontrados estão apresentados na Tabela 5.

Agente de Geração	Número de agentes	Total de PCH's	Potência total (kW)
APE	14	32	111.091
SP	5	28	127.187
PIE	10	15	157.596
APE-COM	3	3	6.483
Total	32	78	402.357

Fonte: Moura (2008), elaborada a partir de BIG/ANEEL (2008)

Tabela 5 – Participação dos agentes de geração em PCH's em operação em Minas Gerais

Na Tabela 6 estão assinalados os setores da economia, dos quais destaca-se o setor industrial, ao qual os Autoprodutores de Energia Elétrica em PCH's no Estado de Minas Gerais estão ligados, a potência instalada em geração hidrelétrica por setor e o número de agentes

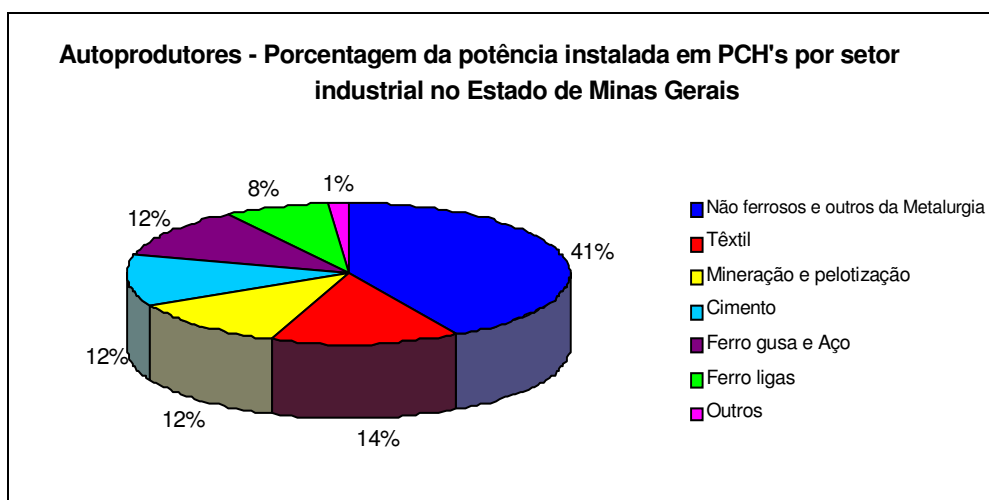
associados a cada um deles. A classificação dos setores industriais apresentada neste trabalho é a mesma utilizada no Balanço Energético Nacional (BEN, 2007).

Setor Industrial	Potência Instalada (kW)	Número de agentes
Não ferrosos e outros da Metalurgia	49.172	3
Têxtil	16.104	5
Mineração e pelotização	14.000	2
Cimento	13.935	2
Ferro gusa e Aço	13.680	1
Ferro ligas	9.123	3
Outros	1.560	1
Total	117.574	17

Fonte: Moura (2008), elaborada a partir de BIG/ANEEL (2008)

Tabela 6 – Setores da Economia associados à geração de eletricidade em PCH's em Minas Gerais

No gráfico da Figura 2, é possível identificar a contribuição percentual de cada setor industrial na totalização da capacidade instalada dos Autoprodutores de Energia Elétrica em PCH's no Estado de Minas Gerais.



Fonte: Moura (2008), elaborado a partir de BIG/ANEEL (2008)

Figura 2: Participação dos setores industriais na capacidade instalada dos Autoprodutores de Energia Elétrica em PCH's no Estado de Minas Gerais

O Setor Têxtil é o que possui o maior número de Autoprodutores de Energia Elétrica em PCH's no Estado de Minas Gerais, com cinco empresas. Destaca-se a grande participação das indústrias metalúrgicas na geração de eletricidade em PCH's, que são responsáveis por 49.172kW, ou seja, 41% da potência instalada. Dentre elas, destaca-se a empresa Novelis do Brasil SA, instalada no município de Ouro Preto, que é proprietária de sete PCH's, apresentando-se, assim, como o maior Autoprodutor em PCH's no Estado de Minas Gerais, com uma capacidade instalada de 34.810kW, ou seja, 30% do total de potência instalada.

Existem dez empresas entre os agentes Produtores Independentes de Energia em PCH's no Estado, sendo que a maioria é constituída por empresas energéticas privadas. Durante a elaboração deste trabalho, foi solicitado aos PIE, por meio de correspondência eletrônica, informações sobre o destino da energia gerada nas PCH's de sua propriedade. Entretanto, as empresas não responderam ou disseram que se tratava de informação confidencial.

O Estado de Minas Gerais possui cinco empresas Concessionárias de Serviço Público de energia elétrica que geram energia em PCH's, destacando, dentre elas, a Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, cujas usinas totalizam 97.858kW de potência instalada, o que corresponde a 77% da potência instalada em PCH's nas concessionárias de serviço público de energia elétrica e a 24,3% da potência instalada em PCH's em todo o Estado de Minas Gerais.

4. Aspectos Ambientais das PCH'S

A legislação ambiental brasileira prevê a obrigatoriedade da realização de estudo prévio de impacto ambiental – entendido como qualquer alteração na qualidade ambiental resultante da modificação dos processos naturais ou sociais provocada pela ação humana, quando da instalação e operação de atividades, das mais diversas tipologias, com potencial de causar significativa degradação do meio ambiente.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 01/86, em seu artigo 2º, inciso XI, dependerá da elaboração de estudo de impacto ambiental a ser submetido à aprovação do órgão estadual competente, o licenciamento ambiental “*usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10MW*”. Tal dispositivo legal sofreu alterações com a publicação da Resolução CONAMA nº 237/97, que, em seus artigos 2º, 3º e 12º, deixou a cargo do órgão ambiental licenciador a decisão sobre a necessidade de apresentação de Estudo de Impacto Ambiental para um dado projeto.

Destaca-se que uma PCH não está automaticamente associada a impactos ambientais de menor significância ou magnitude, impressão que decorre, principalmente, de sua comparação com os grandes projetos hidrelétricos. Tal avaliação depende de inúmeros aspectos, dos quais a dimensão das obras é apenas um deles. Pode-se afirmar apenas que, de forma geral, uma PCH causa menor impacto ambiental do que uma grande usina hidrelétrica. Entretanto, dentro das especificidades socioambientais de uma região e da concepção tecnológica (com formação de reservatório ou operação a fio d'água), as PCH's podem infligir impactos ambientais na área de influência do empreendimento – em geral, representada pela bacia de drenagem delimitada pelos cursos d'água inseridos na faixa do futuro reservatório –, tanto para um bioma determinado, quanto para as populações humanas, particularmente as populações ribeirinhas atingidas pelas obras e pela formação do reservatório.

Os impactos ambientais negativos causados pelas PCH's são semelhantes àqueles decorrentes da implantação e operação de grandes empreendimentos hidrelétricos, embora, em geral, ocorram em menor escala, como citado. A identificação dos impactos ambientais é realizada considerando-se as características socioeconômicas e ambientais da área de influência do empreendimento em conjunto com as interferências decorrentes das ações para a viabilização do projeto. A situação ambiental futura de uma área destinada à implantação de uma PCH é analisada considerando-se aspectos relativos ao *meio físico* (clima, relevo, solos, geologia, geomorfologia, hidrologia), ao *meio biótico* (cobertura vegetal, vegetação ciliar, espécies da

fauna, ecossistemas aquáticos) e ao *meio socioeconômico* (núcleos urbanos, demografia, patrimônio cultural).

Na pesquisa realizada, foram identificados inúmeros impactos ambientais relacionados à implantação de PCH's, (ANDRADE, 2006; BERMAN, 2007; COPAM, anos diversos). Alguns dos mais relevantes estão citados a seguir: alteração da estrutura físico-química dos solos, comprometimento da qualidade das águas, em razão do caráter lântico do reservatório, desaparecimento do leito natural do rio devido à deposição de sedimentos, alteração do regime hidrológico do curso do rio, ocupação do solo pela formação do lago, riscos de instabilidade geotécnica, desestabilização das encostas adjacentes ao empreendimento, supressão da cobertura vegetal e da camada superficial do solo, supressão da vegetação ciliar, fuga de exemplares da fauna, devido à produção de ruídos e à movimentação humana, variação das populações de anfíbios devido à alteração da qualidade das águas, perda de populações de aves florestais com desmatamentos provocados pela alteração dos usos e ocupação do solo, modificação da vida aquática (peixes, plantas e seus habitats), interrupção do fluxo migratório dos peixes, alteração do patrimônio natural, com aumento da turbidez da água e o desaparecimento de corredeiras e ilhotas (se houver), apropriação de terras necessárias à implantação do reservatório e estruturas do projeto, desorganização do modo de vida da população que vive na área de influência do empreendimento, alteração no ritmo de vida da população rural, aumento do tráfego de veículos, pressão sobre a infra-estrutura urbana municipal, aumento da violência urbana e transgressão dos costumes e valores da população dos municípios envolvidos no projeto, sobrecarga nos equipamentos de saúde pública, educação e telefonia, introdução de endemias, submersão de sítios localizados na área do reservatório, dificuldades para assegurar o uso múltiplo das águas, em razão do caráter histórico de priorização da geração hidrelétrica em detrimento aos outros usos possíveis (irrigação, lazer, piscicultura etc.), emissão de gases de efeito estufa (metano) decorrente da decomposição da cobertura vegetal submersa nos reservatórios, destruição do patrimônio edificado.

São considerados impactos ambientais positivos a geração de empregos diretos e indiretos, o incremento do setor terciário dos municípios envolvidos, o aumento na arrecadação de impostos, a valorização imobiliária das propriedades do entorno do reservatório, o aumento da oferta de energia elétrica, a criação de postos de trabalho e o recolhimento do ICMS.

A análise de diferentes estudos de impacto ambiental (COPAM, anos diversos) evidencia que as PCHs não são empreendimentos isentos de causar degradação ambiental em níveis significativos, e, portanto, que o caráter de renovabilidade da geração de hidreletricidade não garante a classificação de sua energia como “limpa”. Aliás, esse é o principal motivo pelo qual muitos autores questionam a classificação da hidreletricidade/energia hidráulica como fonte de energia renovável.

Um exemplo de matriz de avaliação de impactos ambientais decorrentes da implantação e operação de uma PCH está apresentado no Quadro I do Anexo.

Como atividade potencialmente poluidora e degradadora do meio ambiente, causadora de inúmeros e significativos impactos ambientais negativos, os projetos de PCH's devem ser submetidos ao processo de licenciamento ambiental, em todas as fases de seu desenvolvimento, desde o planejamento, quando é solicitada a Licença Prévia – LP, que avalia a viabilidade ambiental do empreendimento tomando-se como referência as informações e análises consolidadas no Estudo de Impacto Ambiental, passando pela Licença

de Instalação – LI, que autoriza o início da implantação do projeto, e, finalmente, a Licença de Operação – LO, que autoriza o início da operação da usina. Todas as licenças ambientais podem ser concedidas mediante o cumprimento de uma série de condicionantes, complementadas por medidas compensatórias dos impactos ambientais associados ao desenvolvimento do projeto.

5. Conclusões

As PCH's são consideradas importantes fontes para geração de eletricidade no Brasil em tempos recentes, tendo em vista sua classificação como fonte de energia renovável, as crescentes demandas por eletricidade e os prognósticos catastróficos do aquecimento global, imputado, em sua maior parte, ao uso dos energéticos de origem fóssil.

Os Governos Federal e Estadual criaram, após a consolidação da nova regulação do Setor Elétrico nacional, programas de incentivo para a expansão da oferta de eletricidade gerada pelas PCH's como forma de contribuir para a garantia do suprimento da demanda crescente de energia e a possibilidade da oferta desse insumo às populações que ainda não têm acesso à eletricidade no País.

Os resultados desses programas evidenciam uma significativa expansão da base de geração de eletricidade por meio de PCH's que representam, atualmente, 2,2% e 1,8% da eletricidade gerada no Estado de Minas Gerais e no Brasil respectivamente.

No Brasil, há 294 PCH's em operação, 14 em construção e 84 em outorga.

No Estado de Minas Gerais, há 78 PCH's em operação, 9 em construção e 48 em outorga. As bacias hidrográficas do rio São Francisco, Doce, Grande e Paraíba do Sul são as que possuem o maior número de PCH's em operação, representando 92,5% do número total das PCH's no Estado e 90,3% da potência instalada das PCH's no Estado.

A bacia hidrográfica em Minas Gerais com o maior número de PCH's em operação é a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, com 21 usinas, seguida das bacias dos rios Doce, Paraíba do Sul e Grande que possuem 19, 17, 16 PCH's, respectivamente. A bacia do rio Paraíba do Sul possui a maior capacidade instalada de geração de energia elétrica em PCH's no Estado com uma potência de 141.870kW.

Há grande preocupação com a expansão das PCH's na bacia do rio Doce: 20 usinas estão instaladas e outras 30 estão em fase de outorga. A consolidação de 50 empreendimentos nessa bacia poderá ocasionar a mecanização do rio Doce, a escassez de água, a diminuição da qualidade das águas e alterações significativas nos mananciais de água subterrânea da bacia hidrográfica.

Há grande participação das indústrias metalúrgicas no consumo de energia gerada pelos Autodutores em PCH's no Estado de Minas Gerais. Essas indústrias são responsáveis por 49.172kW ou 41% da potência instalada, destacando-se a empresa Novelis do Brasil, com sete empreendimentos. Os setores de mineração e têxtil respondem por 12% e 14%, respectivamente, da eletricidade gerada por Autoprodutores em PCH's no Estado.

Os investimentos em PCH's estão sendo realizados por empreendimentos intensivos em energia elétrica e uma justificativa plausível para o fato seriam os preços mais competitivos e a garantia de suprimento em épocas de escassez de oferta do insumo energético.

As PCH's causam significativos impactos ambientais em sua área de influência, devido às ações para a viabilização do projeto nas etapas de implantação e operação, motivo pelo qual esse tipo de empreendimento está sujeito ao processo de avaliação de impacto ambiental e, portanto, ao desenvolvimento de estudo de impacto ambiental.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - [ANEEL].** *Cadernos Temáticos*. Disponível em www.aneel.gov.br Acesso em: 8 de junho de 2007.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - [ANEEL].** *Informações técnicas. BANCO DE INFORMAÇÕES SOBRE GERAÇÃO - [BIG]*. Disponível em www.aneel.gov.br Acesso em: 10 de janeiro de 2008.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - [ANEEL].** Resolução nº 652 de 9 de dezembro de 2003. DOU. Brasília, 10 de dezembro de 2003. Disponível em www.aneel.gov.br Acesso em: 20 de maio de 2007.
- ANDRADE, J.S.O.** *Pequenas Centrais Hidrelétricas: análise das causas que impedem a rápida implantação de um programa de PCH no Brasil*. Salvador: UNIFACS, 2006.
- BERMANN, C.** *Energia no Brasil: para quê? para quem? Crise e alternativas para um país sustentável*. São Paulo: Livraria da Física: FASE. 2002. 139p.
- BERMANN, C.** Impasses e controvérsias da hidreletricidade. *Rev. Estudos Avançados*. vol.21, n.59, janeiro/abril 2007. p:139-153.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente [CONAMA].** Resolução CONAMA nº 01, de 16/02/1986.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente [CONAMA].** Resolução CONAMA nº 237, de 19/12/1997.
- BRASIL.** Lei Federal nº 9.648, de 27 de maio de 1998. Altera dispositivos das Leis nº 3.890-A/1961, nº 8.666/1993, nº 8.987/1995, nº 9.074/1995 e nº 9.427/1996. DOU, Brasília, 28 de maio de 1998. Disponível em www.senado.gov.br. Acesso em 15 de junho de 2007..
- CENTRO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS [CNDPCH].** Disponível em: www.cndpch.com.br. Acesso em 20 de junho de 2007.
- COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS [CEMIG].** *Programa Minas PCH*. Disponível em www.cemig.com.br. Acesso em 6 de outubro de 2007.
- INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS [IGAM].** *Plano Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais*. Disponível em aguas.igam.mg.gov.br/docs/cbh/minas_gerais/perh_mg_rt2_v1_1.pdf. Acesso em 10 de agosto de 2007.
- MAUAD, F.F.** In: FELICIDADE, N. [Organizadora]. *Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil*. São Carlos: RIMA, 2003. 238p.
- MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM].** Processo COPAM/PA/Nº 00041/2003 [PCH Cachoeira da Fumaça]. Processo COPAM/PA/Nº 09730/2007 [PCH Barra dos Carrapatos]. Processo COPAM/PA/Nº 07299/2007 [PCH Mucuri]. Belo Horizonte. [anos diversos]
- MOURA, G.N.P.** Energia renovável: Diagnóstico da geração de hidreletricidade em Pequenas Centrais Hidrelétricas no Estado de Minas Gerais. Trabalho Final de Graduação [Engenharia de Produção]. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 2008. 78p.
- ROSA, L.P.** O apagão. Por que veio? Como sair dele? Rio de Janeiro: Editora Revan. 2001. 128p.
- TIAGO FILHO, Geraldo & NOGUEIRA, Fabio.** *As Novas Diretrizes da Aneel para o Enquadramento das Pequenas Centrais Hidrelétricas*. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá: [s.e.], 2005.
- TIAGO FILHO, G.** *A evolução histórica do conceito das Pequenas Centrais Hidrelétricas no Brasil*. In: SIMPÓSIO DE PEQUENAS E MÉDIAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS. Anais. Florianópolis: [s.e.], 2006.

TOLMASQUIM, M.T. [organizador]. *Fontes alternativas de energia no Brasil.* Rio de Janeiro: Interciência: CENERGIA, 2003. 515p.

Anexo

Impacto^{(1), (2)}	Fase	Efeito	TPO	ABR	DUR	REV	IMP	MAG	Avaliação final⁽³⁾
Meio Físico									
Risco surgimento de focos erosivos	I	N	D	L	M	R	I	M	M
Carreamento de sedimentos para os cursos d'água	I	N	D	L	M/L	I	I	M	M
Alteração da paisagem local – descaracterização de corredeiras e cascatas	E	N	D	L	M	I	N	B	PS
Risco de desestabilização de taludes	E	N	I	L	C	R	I	B	PS
Contaminação do curso d'água por óleos e graxas	I	N	D	L	M	R	I	B	D
Diminuição dos teores de oxigênio dissolvido na água do reservatório	E/O	N	I	L	M	R	I	B	D
Assoreamento do leito do rio e aumento da turbidez da água	I	N	I	L	C	R	I	B	PS
Meio Biótico									
Perda de elementos florísticos devido à supressão de vegetação	I	N	D	L	L	I	I	M	M
Perda de elementos florísticos devido à elevação do nível d'água	E	N	D	L	L	I	I	M	S
Dispersão da fauna silvestre	I/E	N	D	R	C/M	R	I	M	PS
Perda dos habitats para a fauna terrestre devido à implantação da infra-estrutura do projeto	I	N	D	L	L	R	I	B	PS
Aprisionamento de peixes durante o enchimento do reservatório	E	N	D	L	C	R	I	B	PS
Interrupção da rota migratória dos peixes	E/O	N	D	R	L	R	I	A	S
Criação de área de preservação permanente do reservatório	E/O	P	D	R	L	I	I	A	S
Meio Socioeconômico									
Geração de expectativas em âmbito local (municipal)	P	P	D	L	M/L	R	I	A	S
Intervenção em sítios arqueológicos	I	N	D	L	L	I	I	M	S
Afluxo de população atraída indiretamente pela obra	I	N	I	L	M	R	I	B	PS
Incremento do setor terciário	I	P	I	L	M	R	I	A	S
Introdução e recrudescimento de endemias	I	N	I	R	M	R	I	A	S
Aumento do tráfego de veículos nas vias de acesso à obra	I	N	D	L	M	R	I	M	S
Aumento da arrecadação municipal	I	P	D/I	L	M	R	I	A	S
Inundação de terras para a formação do reservatório	E	N	D	L	L	I	I	M	S
Expansão da oferta de trabalho	I	P	D/I	R	M	R	I	A	S
Alteração da paisagem local com a formação do reservatório	E	P	D	L	L	I	I	B	PS
Perda de postos de trabalho ao término das obras	O	N	D	R	L	I	I	B	M
Pressão sobre os serviços públicos	I	N	I	L	M	R	I	B	PS
Geração de receitas aos cofres públicos	O	P	I	L	L	R	I	B	M

- (1) **TPO** (tipo); **ABR** (abrangência); **DUR** (duração); **REV** (reversibilidade); **IMP** (importância); **MAG** (magnitude)
(2) **Fase**: **P** (planejamento); **I** (implantação); **E** (enchimento do reservatório); **O** (operação)
Efeito: **P** (positivo) ou **N** (negativo) **Tipo**: **D** (direto) ou **I** (indireto) **Abrangência**: **L** (local) ou **R** (regional)
Duração: **C** (curto prazo), **M** (médio prazo) e **L** (longo prazo) **Reversibilidade**: **R** (reversível) ou **I** (irreversível)
Importância: **I** (importante) ou **NI** (não importante) **Magnitude**: **A** (alta), **M** (média), **B** (baixa)
(3) **Avaliação final do impacto**: **S** (significativo), **M** (moderado), **PS** (pouco significativo), **D** (desprezível)

Fonte: Adaptado de COPAM (vários anos)

Quadro I - Matriz de avaliação de impactos ambientais associados a um projeto de PCH