

O IMPACTO DA MINERAÇÃO NO BLOCO DE ENERGIA ASSEGURADA EM PCH'S.

Sérgio Pinheiro de Freitas¹; Márcio Figueiredo de Resende²; Carlos Barreira Martinez³; Edna Maria Faria Viana⁴; Marco Túlio Correa de Faria⁵

RESUMO --- A crescente demanda por produtos minerais no mercado internacional é responsável por um considerável aumento das atividades mineradoras no Brasil. Paralelamente a isso se tem notado uma crescente demanda de energia elétrica pela sociedade Brasileira. Dentro desse contexto emergem atividades concorrentes e que se esbarram e causam interferências cruzadas entre empreendimentos. Tem-se então uma situação de conflito uma vez que outorgas de uso de água para atividades mineradoras impactam, entre outras, as atividades de geração hidrelétrica. Quando esse tipo de evento ocorre deve se iniciar um processo de quantificação dos reais impactos sobre a atividade de geração de energia que são oriundos da redução da vazão afluente ao sistema hidrogerador. Esse trabalho apresenta uma metodologia para a análise deste impacto onde se contabiliza a redução da vazão devido a outorga de uso da água face a disponibilidade hídrica do local. Para isso propõe-se estudar a redução da energia firme no aproveitamento quantificando-se a redução da vazão devido a retirada de água para o processo de mineração. Ao final do trabalho é apresentado um estudo de caso onde se pode observar a redução real da geração na PCH e o impacto sobre o retorno esperado para esse tipo de atividade.

Palavras-chave: Impacto ambiental, Outorga de água, Pequenas Centrais Hidrelétricas.

ABSTRACT --- The increasing demand for mineral products on international market is responsible for a relevant growth in mining activities in Brazil. Besides, it has been noticed a growing demand for electricity by the Brazilian society. Within this context, there are competitive activities raising doubts about the interference between these enterprises. For that reason, a conflict situation is presented once the granting of water use for mining activities causes impact in hydroelectric generation activities. When this type of event occurs an analyze process begins in order to quantify the real impact on the activity of power generation that come from reducing the influent flow to the hydro generator system. This project presents a methodology to analyze this impact, where it calculates the reduction of flow due to the granting of water use in face of local water availability.

¹ Mestrando do PPGSMARH / UFMG. Av. Antônio Carlos, 6627, Campus Pampulha, Belo Horizonte, MG, Brasil, 31.270-901. e-mail: opfreitas@ig.com.br

² Doutorando do PPGGMEC / UFMG. Av. Antônio Carlos, 6627, Campus Pampulha, Belo Horizonte, MG, Brasil, 31.270-901. e-mail: marcio.resende@potamos.com.br

³ Professor Associado da UFMG, Escola de Engenharia / EHR, - Orientador. Doutor em Planejamento de Sistemas Energéticos (UNICAMP), Coordenador do Centro de Pesquisas Hidráulicas e Recursos Hídricos (CPH) da UFMG. PPGMEC / SMARH. Av. Antônio Carlos, 6627, Campus Pampulha, Belo Horizonte, MG, Brasil, 31.270-901. e-mail: martinez@cce.ufmg.br

⁴ Professor Adjunto da UFMG, Escola de Engenharia / EHR, Doutor em Saneamento Meio Ambiente e Recursos Hídricos. (UFMG), PPGMEC / SMARH. Av. Antônio Carlos, 6627, Campus Pampulha, Belo Horizonte, MG, Brasil, 31.270-901. e-mail: ednamariafaria@bol.com.br

⁵ Professor Associado da UFMG, Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia, Doutor em Engenharia Mecânica (Texas A&M University). PPGMEC Av. Antônio Carlos, 6627, Campus Pampulha, Belo Horizonte, MG, Brasil, 31.270-901. e-mail: mtecdf@uol.com.br

For this it is proposed to study the reduction of the firm energy quantifying the reduction in flow due to water withdrawal for the mining process. At the end of the project it is presented a case study where a real reduction in the generation of SHP can be observed as well as the impact on the expected return for this type of activity.

Keywords: Environmental impact, Granting of water, Small Hydro Power

1 – INTRODUÇÃO

O uso de recursos hídricos no mundo sempre apresentou um conjunto de interferências cruzadas entre as diversas atividades da sociedade. No Brasil esse tipo de interferência foi notado já no final do século XIX e originou um conjunto de ações que culminaram com a promulgação do código de águas de 1934 (DECRETO Nº 24.643, DE 10 DE JULHO DE 1934), em que no art. 36 já previa que é “permitido a todos usar de quaisquer águas públicas...”.

Nesse mesmo artigo no parágrafo 2º está previsto que “O uso comum das águas pode ser gratuito ou retribuído, conforme as leis e regulamentos da circunscrição administrativa a que pertencerem”. Ainda no art. 43 estava previsto que “As águas públicas não podem ser derivadas para as aplicações da agricultura, da indústria e da higiene, sem a existência de concessão administrativa...”.

O código de águas já antevia dessa forma um conjunto de conflitos que viriam a acontecer no futuro. Esses conflitos geraram ao longo dos anos uma demanda por um processo de gestão dos recursos hídricos de forma a permitir a minimização dos impactos entre as atividades. Essa necessidade deve ser respaldada por um conjunto de conhecimentos e de ações que possam ser entendidas pela sociedade e pelo meio técnico.

Em 1997 foi aprovada a Lei 9433 (LEI Nº 9433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997) que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, em que no seu art.1 inciso IV prevê que “a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas”. Entretanto, em algumas atividades os usos múltiplos acabam por incorrer em conflitos, de modo que o uso de uma impacta diretamente a outra. Quando essas atividades envolvem grandes somas de recursos esse impactos tendem a ser contabilizados em termos econômicos. Isso é característico das atividade de geração hidrelétrica e a de mineração.

Sabe-se que a atividade de mineração tem especificidades de utilização e consumo de água passível de provocar interferências nos regimes de corpos hídricos. Assim o Conselho Nacional de Recursos Hídricos aprovou a Resolução nº 29 (RESOLUÇÃO Nº 29 DE 11 DE DEZEMBRO DE 2002), que em seu art. 2º, relaciona os usos e as interferências nos recursos hídricos, pela mineração, sujeitos à outorga, na qual podemos citar:

- derivação ou captação de água superficial ou extração de água subterrânea para consumo final ou insumo do processo produtivo;
- lançamento de efluentes em corpos de água;
- desvio, retificação e canalização de cursos de água necessários às atividades de pesquisa e lavra;
- barramento para decantação e contenção de finos em corpos de água;
- barramento para regularização de nível e vazão;
- sistema de disposição de estéril e rejeitos;
- aproveitamento de bens minerais em corpos de água;
- captação de água e lançamento de efluentes relativos ao transporte de produtos minerais.

Como consequência indireta, a resolução tende a minimizar o impacto das atividades de mineração sobre a energia firme e assegurada de um empreendimento gerador, na qual podemos conceituar como:

Energia firme: corresponde à máxima produção contínua de energia que pode ser obtida por uma central hidrelétrica, considerando a ocorrência da sequência mais seca registrada no histórico de vazões do curso de água.

Energia assegurada do sistema: é a máxima produção de energia que pode ser mantida pela central hidrelétrica ao longo dos anos, considerando-se a ocorrência de cada uma das milhares de possibilidades de sequências de vazões criadas estatisticamente. Admite-se o risco de não atendimento à carga, que na regulamentação atual corresponde a 5%.

2 – CONTEXTUALIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DE GERAÇÃO E DE MINERAÇÃO

2.1 – A Geração de energia elétrica no Brasil

A geração de hidroeletricidade no Brasil começa no ano de 1883 com a implantação da Usina Hidrelétrica do Ribeirão do Inferno em Diamantina (MG). Em 1887, foi posta em funcionamento a Hidrelétrica do Ribeirão dos Macacos, propriedade da "Cia. de Mines d'or du Paris", localizada em Honório Bicalho, atual município de Nova Lima (MG). O ano de 1888 marca o início do serviço público de eletricidade. É fundada na cidade de Juiz de Fora (MG), por iniciativa de Bernardo Mascarenhas, a Cia. de Eletricidade a qual inaugura em 1889 a primeira Usina Hidrelétrica brasileira para serviços de utilidade pública, denominada "Marmelos Zero".

Até a década de 1950 o Brasil se apoiou nas pequenas e médias Centrais, sendo estas pertencentes aos municípios ou a Empresas privadas. A política tarifária da época, baseada no custo histórico, que não incentivava novos investimentos, aliada a fatores políticos, fez com que o estado passasse a ter maior participação no setor. Ainda no final da década de 50 o Brasil construía Furnas que foi a primeira central brasileira com mais de 1.000 MW de potência, e que marcava a entrada definitiva do capital estatal no setor elétrico.

Atualmente considera-se como central hidrelétrica de médio e grande porte – UHE – aqueles aproveitamentos que possuem uma potência instalada superior a 30 MW. Abaixo dessa faixa se considera o aproveitamento como sendo uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH).

As usinas se dividem em dois tipos, quais sejam, as de “fio d’água e com reservatório de acumulação. As usinas a fio d’água são aquelas que turbinam, parcial ou totalmente a vazão natural do rio e não possuem capacidade de armazenar água no seu reservatório para uso posterior. Nessas usinas toda a vazão afluenta ao reservatório ou é desviada para as turbinas ou é despachada pelos vertedores. As usinas de represamento são aquelas instalações que possuem um reservatório com capacidade de regularização e por essa razão podem modular descargas e geração de forma a abastecer o setor elétrico.

As usinas hidrelétricas podem ser de desvio ou de derivação. As UHE de desvio se caracterizam por desviar o rio de seu curso natural e após turbinar essa água a restituem ao mesmo curso d’água de captação. As UHE de derivação captam água em um rio e a devolvem a outro rio. As usinas também podem ser classificadas como de alta queda (desníveis entre 900 e 150 metros), média queda (desníveis entre 25 e 150 metros), e baixa queda com desniveis menores que 25 metros.

Apesar de apresentarem um maior custo de implantação as usinas de baixa queda são as que têm se mostrado mais interessantes do ponto de vista da redução de impactos ambientais diretos uma vez que permitem a divisão da cascata do rio em aproveitamentos que ocupam uma área inundada menor. A figura 1 mostra um desenho esquemático de usinas de derivação e de desvio.

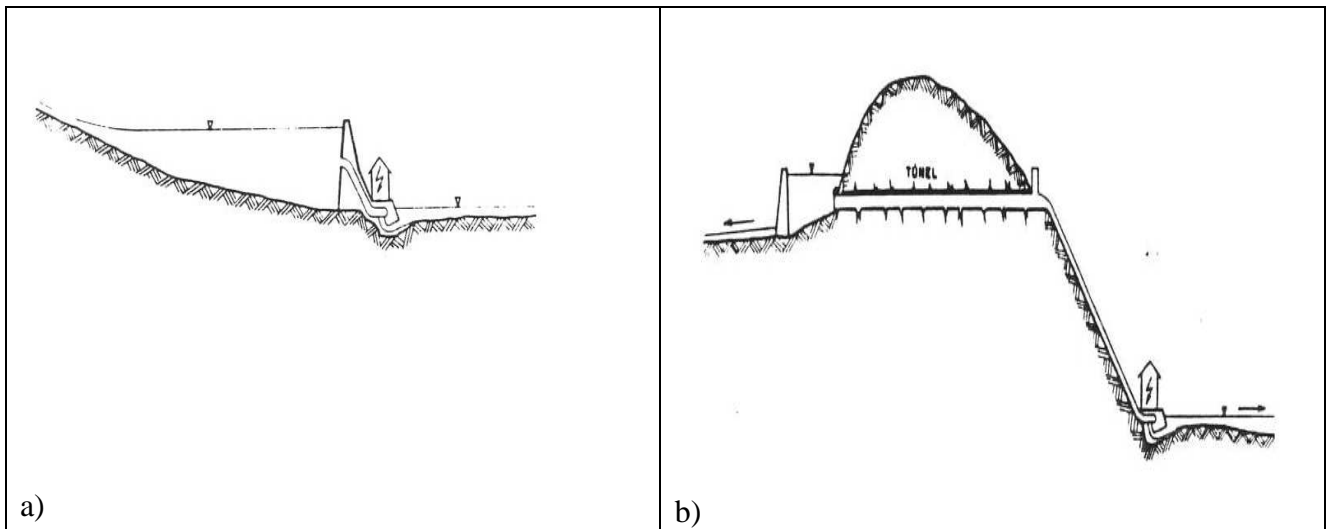


Figura 1 – a) Esquema de uma UHE de desvio típica, b) – Esquema de uma UHE de derivação típica Fonte: Schreiber, G.P, 1977.

2.2 - Atividade de mineração

As atividades de mineração podem ser consideradas fator importante no crescimento da economia do Brasil desde o final do século XVII, época em que registros históricos apontam a descoberta do ouro na região das Minas Gerais.

Atualmente, a atividade de extração mineral é reconhecida como um dos setores básicos da economia nacional, responsável por parte do Produto Interno Bruto – PIB e gerando milhares de empregos diretos e indiretos.

Entretanto, grande parcela das atividades inerentes ao processo de extração e beneficiamento do mineral interfere diretamente com o meio ambiente, em particular com os recursos hídricos, por meio da modificação da qualidade e/ou quantidade.

A utilização e consumo de água na mineração acontece desde a implantação até o fechamento do empreendimento e na maioria dos casos, em que o processo de beneficiamento emprega a separação a úmido, o maior consumo ocorre nas seguintes atividades:

- Desmonte hidráulico;
- Aspersão de vias para controle de emissão de particulados;
- Lavagem de equipamentos e transporte de materiais;
- Processo de flotação, lavagem do minério, concentração gravítica, hidrometalúrgicos e pirometalúrgicos;
- Preparação de reagentes;
- Perdas Gerais;
- Transporte de produtos;

- Dentre outros.

A diferença entre utilização e o consumo efetivo pode ser explicada pelo fato da primeira corresponder a toda água envolvida no empreendimento, considerando inclusive, as águas recirculadas internamente e o consumo efetivo equivale apenas a água abstraída do sistema, representado pelas perdas.

Segundo ANA (2006), a partir da segunda metade da década de 1970, quando se firmaram as discussões relacionadas à questão ambiental, o setor da mineração buscou o aprofundamento de estudos voltados ao gerenciamento ambiental com enfoque nos recursos hídricos, ganhando relevância o conhecimento sobre a origem da água e em especial a natureza das fontes responsáveis pelo seu abastecimento, nas quais podem ser resumidas basicamente em subterrâneas, superficiais e águas de recirculação.

Porém, na grande maioria dos casos as águas superficiais estão mais acessíveis e possuem padrões de qualidade aceitáveis, além de menor custo de captação e adução, tornando-a como fonte mais atrativa. Diante dessas características, a crescente demanda por fontes de águas superficiais gera competição pelo recurso e conseqüentemente a escassez.

Nas bacias hidrográficas em que a demanda supera a oferta de água, os órgãos gestores de recursos hídricos sinalizam como regiões de conflitos, evidenciando a real necessidade de gestão compartilhada entre os usuários.

Nas bacias hidrográficas que possuem as atividades de mineração e geração de energia esse conflito pode ser bastante significativo, uma vez que as vazões utilizadas na mineração geralmente são bastante expressivas e podem ocasionar impactos diretos na geração.

Enfatiza-se que a utilização e consumo da água nas atividades de mineração variam de acordo com o tipo de mineral, as tecnologias envolvidas no processo de lavra e beneficiamento, a taxa de produção etc, além de possuir caráter consultivo, ou seja, da água captada do curso de água natural somente uma parcela retorna ao curso natural do rio, ou em alguns casos a parcela retornável é nula, reduzindo as vazões naturais nas seções fluviais localizadas à jusante da captação. A figura 2 apresenta as possíveis fontes de água e algumas utilidades na mineração nas etapas de lavra, beneficiamento e transporte do minério.

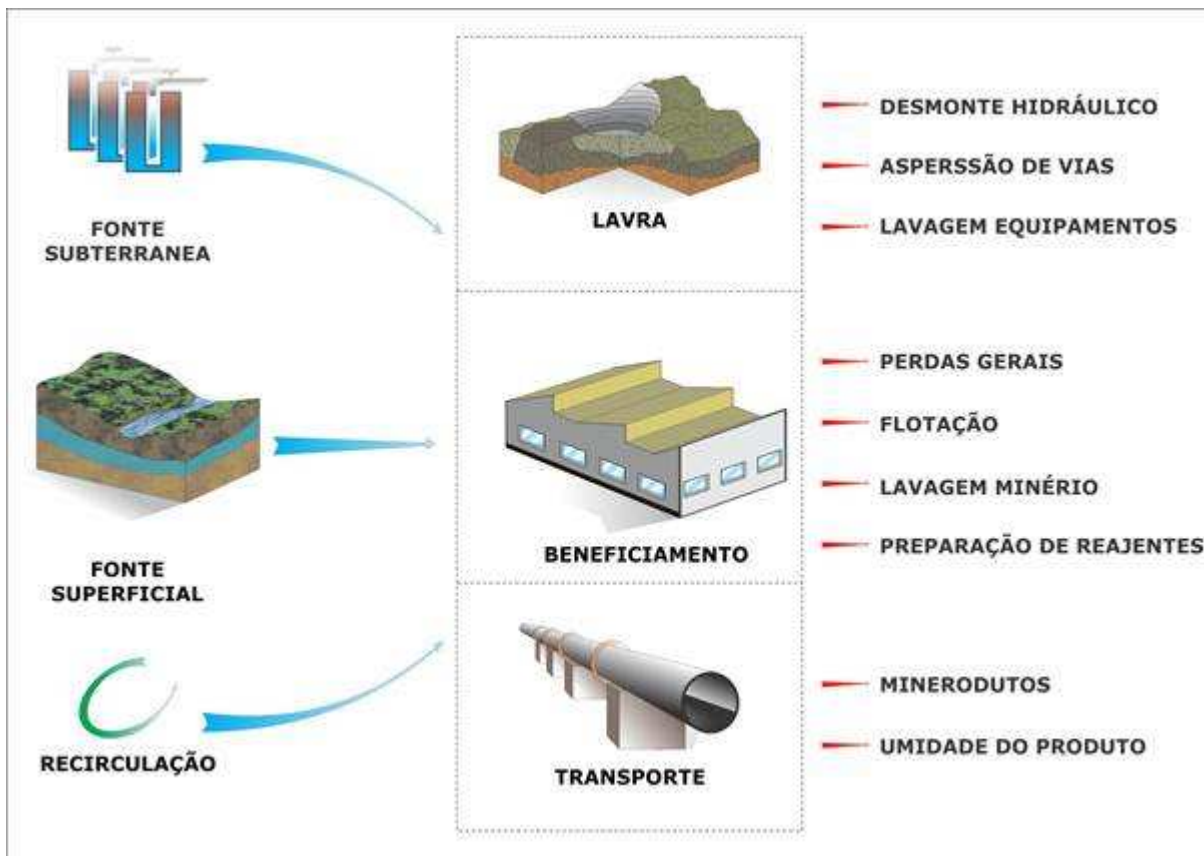


Figura 2 – Possíveis fontes e locais de consumo de água.

3 - METODOLOGIA

A determinação do impacto decorrente de captações superficiais em cursos de água visando a utilização em atividades de mineração sobre a energia gerada em aproveitamentos hidrelétricos que trabalham a fio d'água pode ser feita a partir da retirada das vazões captada na série natural afluente ao empreendimento.

Para tanto, é necessário conhecer a série de vazões natural afluente, as características do aproveitamento hidrelétrico tais como potência máxima instalada, altura máxima de queda, fator de capacidade da usina e rendimento dos equipamentos. Adicionalmente, devem-se avaliar as vazões captadas a montante da seção fluvial de interesse e efluentes descartados, caso existam.

Conforme Tucci (2009), a dificuldade de obtenção de dados hidrológicos devido aos altos custos de implantação, operação e manutenção de uma rede hidrométrica leva a necessidade de buscar formas de transferências de informação de um local para outro na bacia.

Assim, para as seções fluviais em que não existe monitoramento torna-se necessário a realização de estudos de regionalização de vazões a fim de determinar a série de vazões naturais afluentes que podem ser por: (i) funções estatísticas de variáveis hidrológicas; (ii) funções específicas que relacionam variáveis, ou (iii) parâmetros de modelos hidrológicos.

As características dos aproveitamentos hidrelétricos podem ser obtidas nos estudos de inventário junto a ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, que corresponde ao órgão gestor do setor de energia no Brasil.

Também devem ser conhecidos os valores de vazões captadas para uso consultivo a montante das seções fluviais de interesse, que podem ser obtidas diretamente com os usuários. Entretanto, devido à dificuldade de cadastramento de usuários, podem-se buscar junto ao banco de informações dos órgãos gestores de recursos hídricos estaduais as vazões outorgadas, que no caso específico do estado de Minas Gerais, estão no sítio eletrônico do IGAM – Instituto Mineiro de Gestão de Águas.

Após reunir as informações necessárias, o método consiste em avaliar a energia firme gerada pelo aproveitamento considerando a série natural e a série hipotética, suprimindo as vazões captadas a montante. É importante lembrar que o cadastramento de usuários na bacia pode demandar custo elevado e tempo demasiadamente grande, além de informações imprecisas fornecidas pelos usuários, gerando incertezas nos resultados.

Portanto, de maneira simplificada, admite-se a hipótese de que as vazões captadas correspondem àquelas outorgadas e que as condicionantes listadas no certificado de outorga emitido pelo órgão, tais como vazão de captação, tempos de operação das bombas, vazão residual mínima etc, são obedecidas pelos usuários.

Inicialmente, deve-se obter a vazão máxima de engolimento das tubulações, podendo ser calculada pela equação 1:

$$Q_e = \frac{P_{\max}}{9,81 \times H \times \eta} \quad (1)$$

Sendo:

Q_e = vazão de engolimento das tubulações (m^3/s);

P_{\max} = potência máxima instalada no empreendimento (kw);

H = altura de queda (m);

η = rendimento dos equipamentos.

Como apresentado anteriormente, a energia firme corresponde à máxima produção contínua que pode ser obtida considerando a ocorrência do registro histórico de vazões, podendo ser calculada pela equação 2:

$$E_f = \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^n Q}{n} \right)}{Q_e} \times P_{\max} \times t \quad \text{para } Q \leq Q_e \quad (2)$$

Sendo:

E_f = energia firme (kw.h);

Q = vazão mensal da série de vazões (m^3/s);

n = número de meses da série de vazões;

T = tempo (h).

No caso das vazões mensais da série de vazões serem superiores à vazão de engolimento das tubulações deve-se utilizar essa vazão no cálculo da energia firme.

Assim, após a obtenção da energia firme para a série natural, deve-se repetir o mesmo procedimento utilizando a série de vazões hipotética, cuja diferença corresponde ao impacto na geração de vazões devido às captações a montante do empreendimento. Para a energia assegurada admite-se um risco de não atendimento de 5%.

De posse dos resultados do impacto na geração de energia é possível calcular a interferência no retorno financeiro esperado para esse tipo de atividade. Para tanto, é necessário definir as tarifas de energia a serem utilizadas e as taxas de retorno. Contudo, essa definição torna-se complicada uma vez que as tarifas de energia podem variar no tempo e também com o destino final da energia (venda ou consumo) e com as taxas de retorno.

Assim faz-se uma análise de sensibilidade variando-se o valor da energia gerada dentro de uma ampla faixa. Os resultados desse exercício são apresentados em forma de ábacos e gráficos que irão permitir a análise do impacto da atividade de mineração sobre a geração.

4 – ESTUDO DE CASO

De forma a verificar o impacto da captação de água em um sistema de geração apresentar-se-á um estudo de caso de uma PCH instalada a jusante de uma mineradora que capta um volume de água de $1800 m^3/h$ ($0,50 m^3/s$) durante 24 horas por dia para seu processo produtivo. As principais características da PCH em questão estão apresentadas a seguir:

- Operação a fio d'água;
- Potência máxima instalada: 1560 kw;
- Energia máxima instalada: 1560 kw.h;
- Altura de queda líquida: 40 m;
- Rendimento dos equipamentos: 84%;
- Área de drenagem: $\sim 200 km^2$,

A determinação da série de aflúências à PCH foi realizada por metodologia de regionalização, podendo ser resumida nos seguintes passos:

- **Passo 1:** Seleção de estação fluviométrica considerada representativa para a área de interesse e obtenção da série mensal de dados;
- **Passo 2:** Obtenção da série adimensional, através da divisão dos valores médios mensais pela vazão média de longo termo conforme equação 3.

$$Q_{ADM} = \frac{Q_{Estação}}{Q_{MLT_Estação}} \quad (3)$$

Sendo,

Q_{ADM} – valor adimensional;

$Q_{Estação}$ – vazão média mensal no posto de referência (m^3/s);

$Q_{MLT_Estação}$ – vazão média de longo termo do posto de referência (m^3/s).

- **Passo 3:** Obtenção da série de afluições médias mensais no local da PCH, a partir do produto entre os valores adimensionais e a estimativa da MLT do local (equação 4).

$$Q_{Local} = Q_{ADM} * Q_{MLT_Local} \quad (4)$$

Sendo:

Q_{Local} – vazão média mensal no local da PCH (m^3/s);

Q_{ADM} – valor adimensional;

Q_{MLT_Local} – estimativa da vazão média de longo termo do ponto de referência, obtida por curva regional (m^3/s).

Na sequencia foi calculada a vazão máxima de engolimento das tubulações conforme a equação 1, na qual o resultado demonstrou que a vazão máxima passível de ser turbinada é de 4,4 m^3/s .

De posse das características do empreendimento, vazão máxima turbinada, série de vazões naturais e vazão de captação a montante da PCH foi possível calcular a energia firme e assegurada para as séries de vazões natural e hipotética.

A avaliação do impacto foi realizada para dois cenários distintos: (i) Cenário 1: período total da série de vazões; e (ii) Cenário 2: período mais seco de 4 anos consecutivos (período referente a um contrato de fornecimento de energia). Os resultados estão sintetizados na tabela 1.

Tabela 1 – Energia firme e assegurada

Série de Vazões	Potencia Máxima Instalada (kw)	Energia Firme (kw.h médio)		Energia Assegurada (kw.h médio)	
		Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2
Natural	1560	1314	1144	1186	1033
Hipotética	1560	1215	1015	1096	916
Redução percentual		7,5%	11,3%	7,5%	11,3%

Pode-se observar na tabela 1, que o impacto da captação da mineração na energia assegurada do empreendimento gerador é da ordem de 29% quando considerada a série total e da ordem de 41% quando considerado o cenário mais crítico de 4 anos consecutivos.

Para o estudo do impacto econômico dessa captação serão consideradas taxas de desconto entre 10% e 16% a/a e são simulados tempos de retorno de 5, 10, 20 e 30 anos. Os custos da energia para fins de comparação irão variar entre R\$0,09/ KW hora e R\$0,15/ KW hora.

A figura 3 apresenta os resultados da simulação para tempo de retorno de 5 a 30 anos e com taxa de interesse variando de 10% a 16% ao ano.

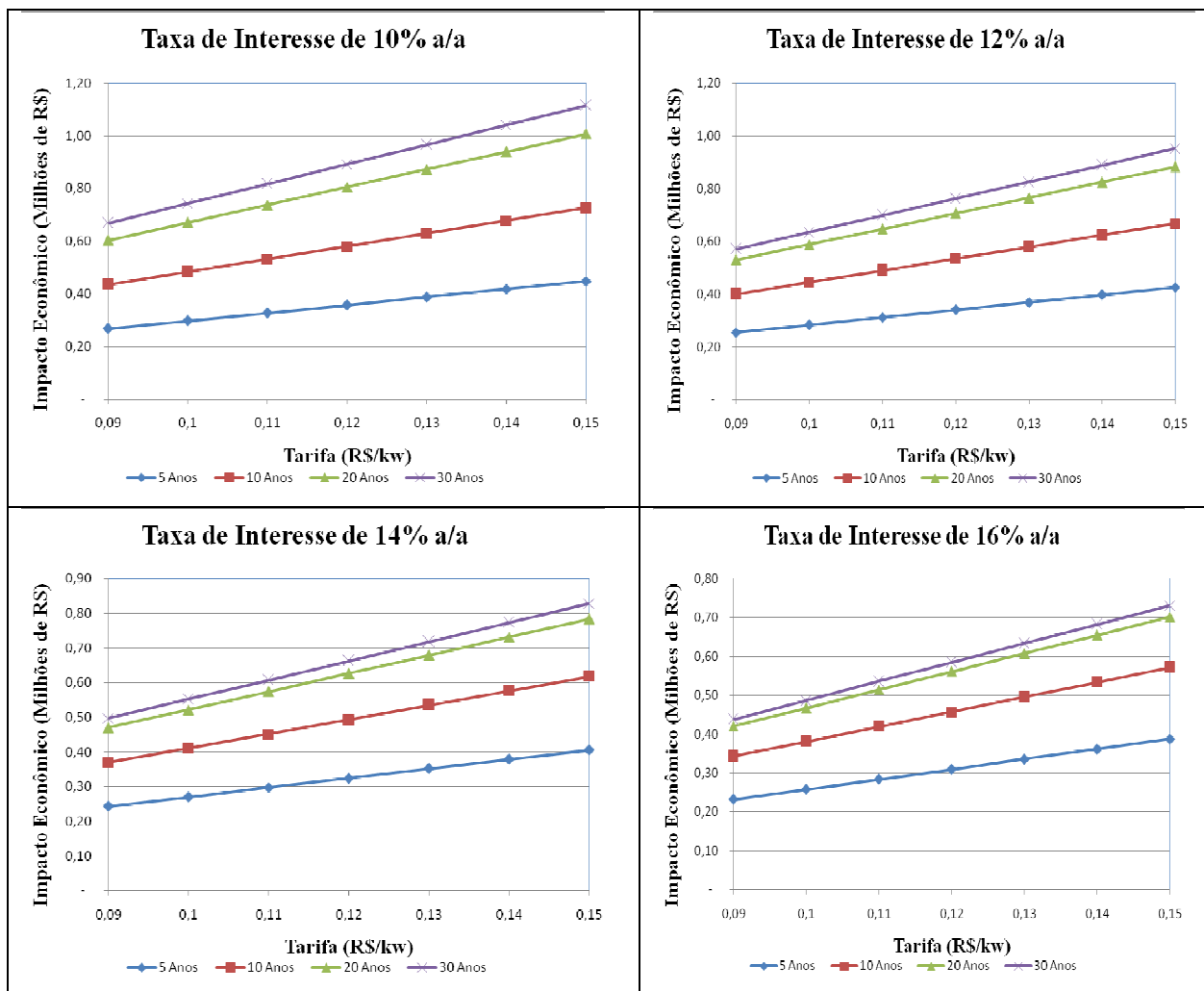


Figura 3 – Impacto da redução da geração para diversos cenários de taxas de interesse.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o atual cenário de escassez de energia tem-se um panorama onde os potenciais remanescentes representam uma grande oportunidade de agregação de blocos de energia ao Setor interligado Nacional. Devido a isso se tem uma situação onde os investidores privados têm procurado um nicho de negócios principalmente no que diz respeito a implantação de PCH. Entretanto esses

aproveitamentos hidrelétricos sofrem interferência de outras atividades relacionadas ao uso do recurso hídrico. Determinar o impacto da retirada de água para fins industriais ou múltiplos sobre a geração de energia de uma usina hidrelétrica, em especial de uma PCH é de vital importância para que se possa contabilizar as perdas de geração e a conseqüente redução do bloco de energia gerada.

A contabilização da redução da geração permite avaliar a real interferência de uma atividade econômica. Isso é importante uma vez que alguns empreendimentos podem se tornar inviáveis em função do seu impacto sobre a geração em uma cascata de um rio.

No estudo de caso apresentado constata-se que o impacto da outorga para retirada de 0,50 m³/s de água para atividade de mineração representa uma redução de 7,5% na geração hidrelétrica se considerarmos o histórico completo disponível do período hidrológico. Quando se leva em consideração apenas período hidrológico referente a uma seqüência de 4 anos tem-se uma redução de 11,3 % na geração.

Pela análise da tabela 1 e da figura 3, pode-se notar que, para o caso simulado com tempos de retorno entre 5 e 30 anos e com taxas de interesse entre 10 e 16 % ao ano tem-se um impacto econômico pode variar entre R\$ 220.000,00 (limite inferior) a R\$ 1.100.000,00 (limite superior).

Para, por exemplo, um cenário de 10 anos de retorno com taxas de interesse de 12% a/a e com uma tarifa de R\$/kWh 0,13 se tem um impacto de aproximadamente R\$ 580.000,00. Se nesse mesmo cenário a tarifa for de R\$/kWh 0,09 o valor do impacto cairá para R\$ 440.000,00 ao longo do período analisado.

Nota-se que o impacto da outorga representa valores que indicam que é prudente se contabilizar possíveis outorgas futuras quando da análise de empreendimentos localizados em regiões potencialmente mineradoras.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro concedido pela ANEEL, pela CEMIG, pela ELETROBRAS-FURNAS e pela FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais).

6 - BIBLIOGRAFIA

DECRETO Nº 24.643, DE 10 DE JULHO DE 1934.

LEI Nº 9433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997

RESOLUÇÃO Nº 29 DE 11 DE DEZEMBRO DE 2002

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *A gestão dos recursos hídricos e a mineração*. Brasília, 2006. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>.

SCHREIBER, G. P. *Usinas hidrelétricas*. Edgard Blücher, São Paulo 1987;

TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Editora da Universidade - ABRH, Porto Alegre 2009, 4ª ed., 943 p.