

VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM BARRAGENS DE PERÍMETROS IRRIGADOS

Marcos Caldeira Ribeiro¹
Delly Oliveira Filho²
Everardo Chartuni Mantovani³
José Márcio Costa⁴
José Helvecio Martins⁵
Paulo Marcos de Barros Monteiro⁶
Leandra Altoé⁷

RESUMO

A implantação de perímetros irrigados requer a construção de barragens em cursos d'água para suprir a necessidade hídrica das culturas. Geralmente, estas estruturas são utilizadas apenas para abastecer o sistema de irrigação, sendo seu potencial hidroelétrico desprezado. O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade técnico-econômica da geração de energia elétrica em barragens de perímetros irrigados. Foi realizado um estudo de base para a barragem de Manoel Novaes que atende o perímetro de Mirorós, na Bahia. Uma Pequena Central Hidrelétrica poderia gerar 29% do consumo e 12% da demanda de energia elétrica do sistema de irrigação do perímetro. O investimento apresentaria os seguintes indicadores de viabilidade: Valor Presente Líquido de R\$ 1.425.616,54, Taxa Interna de Retorno igual a 44%,

1 Professor, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Praça de Tiradentes n° 416, Inconfidentes-MG, CEP: 37576-000, (35) 3464-1200, marcos.ribeiro@ifs.ifsuldeminas.edu.br

2 Professor, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Avenida Peter Henry Rolfs s/n, Viçosa-MG, CEP: 36570-900, (31) 3899-1897, delly@ufv.br

3 Professor, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Avenida Peter Henry Rolfs s/n, Viçosa-MG, CEP: 36570-900, (31) 3899-1903, everardo@ufv.br

4 Professor, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Avenida Peter Henry Rolfs s/n, Viçosa-MG, CEP: 36570-900, (31) 3899-2731, marcio.costa@ufv.br

5 Professor, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Avenida Peter Henry Rolfs s/n, Viçosa-MG, CEP: 36570-900, (31) 3899-1896, jhmartins@ufv.br

6 Professor, Departamento de Engenharia de Controle e Automação, Universidade Federal de Ouro Preto, Morro do Cruzeiro s/n, Ouro Preto-MG, CEP: 35400-000, (31) 3559-1569, paulo@em.ufop.br

7 Doutoranda, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Avenida Peter Henry Rolfs s/n, Viçosa-MG, CEP: 36570-900, (31) 3899-1930, leandra.altoe@ufv.br

Relação Benefício/Custo de 2,76 e Tempo de Retorno de Capital igual a 5 anos e 8 meses. O estudo realizado para o perímetro irrigado de Mirorós pode servir de referência para análise de outros perímetros, de modo a incentivar o melhor aproveitamento deste tipo de barragem no Brasil.

Palavras-chaves: agricultura, irrigação, barragens, pequenas centrais hidrelétricas.

ABSTRACT

The implementation of irrigated perimeters require the construction of dams in watercourses to meet the crop water need. Usually, these structures are used only to supply the irrigation system, and its hydroelectric potential despised. The objective of this study was to evaluate the technical and economic feasibility of generating electricity from barrages in irrigated perimeters. A baseline study was conducted to the barrage Manoel Novaes serving the perimeter Miroros in Bahia. A Small Hydroelectric Plant could generate 29% of consumption and 12% of the electricity demand of the irrigation system perimeter. The investment would present the following viability indicators: Net Present Value of R\$ 1,425,616.54, Internal Rate of Return equal to 44%, Ratio Benefit/Cost of 2.76 and Time Return of Capital equal to 5 years and 8 months. The study for the irrigated perimeter of Miroros can serve as a reference for analysis of other perimeters in order to encourage the best use of this type of barrage in Brazil.

Keywords: agriculture, irrigation, barrages, small hydropower plants.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional acelerado e a melhoria da qualidade de vida da população têm exigido esforços dos governos para aumentar a produção de alimentos. Houve uma expressiva expansão de áreas agricultáveis nos últimos anos em todo mundo. Sistemas de irrigação têm sido empregados para complementar as exigências hídricas das culturas em regiões úmidas e como alternativa para tornar regiões áridas e semiáridas produtivas (Lopes et al., 2008).

Para contornar este problema, em vários países tem sido implementado perímetros irrigados para tornar a agricultura possível em locais que sofrem com longos períodos de estiagem, incluindo Estados Unidos, México, Portugal, Espanha, Israel e Marrocos (Ortega; Sobel, 2010; Feltz; Vanclooster, 2013; Levidow et al., 2014). Os perímetros irrigados podem ser definidos como projetos públicos, nos quais grandes terrenos são divididos em lotes/áreas produtivas, entre pequenos

agricultores, os quais usufruem de sistemas de irrigação, conectados à mananciais de grande capacidade (Sousa et al., 2010).

No Brasil, até a década de 1950, os esforços governamentais para combater os problemas provocados pela seca restringiam-se às medidas de caráter assistencial e à construção de uma rede de açudes em regiões áridas e semiáridas. Esta situação começou a mudar em 1957, quando foi criado o Grupo de Trabalho para o Desenvolvimento do Nordeste, visando solucionar, entre outras demandas, dificuldades relacionadas aos grandes períodos de estiagem que atingem a região. Entre as alternativas propostas por este grupo de trabalho, estava a implantação da irrigação em localidades em que o desenvolvimento de atividades agrícolas fosse possível (Ortega; Sobel, 2010). Neste contexto, em 1960 o governo federal começou a implementar os primeiros perímetros irrigados no Brasil (Pontes et al., 2013). No período de 1960 a 1975, essas áreas irrigadas aumentaram em cerca de 5.200 hectares por ano e na década de 1980, houve um aumento medido de 10.500 hectares por ano, época que se ocorreu a instalação de grandes projetos de irrigação na região Nordeste (CODEVASF, 1996 & Romano et al., 1999, citado por Maneta, 2009).

Ao final de 2012, haviam 101 perímetros irrigados instalados no Brasil, abrangendo cerca de 90 municípios sobre administração do Ministério da Integração Nacional - MI (23 projetos), do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS (37 projetos) e da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba - CODEVASF (41 projetos) (ANA, 2013). A CODEVASF administra atualmente sete polos de desenvolvimento: Norte de Minas (Minas Gerais), Polo Guanambi (Bahia), Polo Formoso/Correntina (Bahia), Barreiras, (Bahia), Irecê (Bahia), Juazeiro/Petrolina (Bahia e Pernambuco) e Baixo São Francisco (Alagoas e Sergipe), os quais, juntos, abrangem 23 perímetros em operação, com área total de 124.987 hectares. A maioria destes perímetros se destinam à fruticultura, com destaque para banana, uva, goiaba, manga, coco e citros; também há produção de milho, feijão, arroz, vinho, vinagre, álcool e açúcar (CODEVASF, 2016).

Para implantação de projetos de irrigação nos perímetros, torna-se necessária a construção de barragens nos cursos d'água. Normalmente, estas estruturas são utilizadas apenas para atender o sistema de irrigação, sendo seu potencial hidroelétrico desprezado. A instalação de turbinas hidráulicas nestas barragens poderia gerar parte da energia consumida pelo sistema de irrigação, aumentando assim, a rentabilidade dos agricultores (Kong et al. 2015; Adhau et al., 2016; Zema et al., 2016). A CODEVASF tem trabalhado em obras de barragens que visam o uso múltiplo da água, incluindo consumo humano, sistemas de irrigação e geração de energia elétrica, em projetos que

que tem somado uma potência instalada de 20 MW (CODEVASF, 2016).

A Lei nº 9.648 (Brasil, 1998) autoriza a dispensa de licitações para empreendimentos de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) para Autoprodutor e Produtor Independente. As PCHs são caracterizadas por possuírem potência de 1 MW a 30 MW e área de inundação de até 3,0 km². Iniciativas legislativas desta natureza são importantes para promover o uso de fontes renováveis de energia, que promovem menos impactos ambientais comparado às grandes usinas hidrelétricas, modelo predominante no país (Tiago Filho et al., 2011). Até final de abril de 2016, haviam 456 Pequenas Centrais Hidrelétricas em operação no país, com 4.840 MW de capacidade instalada (ANEEL, 2016).

Entre os benefícios da geração descentralizada de energia, podem ser citados o aumento da independência energética regional e a ocorrência de menores impactos ambientais negativos (Lucon & Goldeberg, 2009). Especificamente quanto a instalação em Pequenas Centrais Hidrelétricas em áreas rurais, os reservatórios de água podem ser empregados para atender irrigação, abastecimento de água, prevenção de inundações e aquicultura (Ferreira et al., 2016). Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade técnico-econômica da geração de energia elétrica em barragens utilizadas por perímetros irrigados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um estudo de caso para a barragem Manoel Novaes que atende o Distrito de Irrigação do Perímetro Irrigado de Miro-rós (DIPIM), localizado no município de Ibipeba, estado da Bahia. O DIPIM é composto por 36 lotes, os quais possuem áreas irrigadas e sistemas com pressões de serviço diferentes. O perímetro possui uma área irrigada total de 259,94 ha e o sistema de irrigação demanda uma potência total de 327,45 kW.

A água armazenada a montante da barragem Manoel Novaes também é utilizada para abastecer cidades da região. A barragem pertence ao Governo Federal e é administrada pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba. Está localizada no leito do rio Verde, entre as coordenadas 11°25' e 12°60' de latitude sul e 42°10' e 42°34' de longitude oeste. Características técnicas da barragem e do reservatório de água são apresentadas na Tabela 1 e 2, respectivamente

Tabela 1 - Características técnicas da barragem Manoel Novaes

| Características | Dimensão (m) |
|------------------------|--------------|
| Altura máxima | 70 |
| Comprimento | 320 |
| Largura máxima da base | 350 |
| Largura do coroamento | 10 |
| Cota da crista | 535 |

Tabela 2 - Características técnicas do reservatório de água da barragem Manoel Novaes

| Características | Dimensão |
|-------------------------------|---------------------------------|
| Capacidade de armazenamento | 158 milhões de m ³ |
| Superfície do lago | 780 ha |
| Nível máximo da lâmina d'água | 533 m |
| Nível máximo operacional | 532 m |
| Nível mínimo operacional | 495 m |
| Volume útil | 153,6 milhões de m ³ |

Segundo estudo hidrológico realizado pela CODEVASF (1994), a barragem tem condições de garantir, com probabilidade de 90%, uma vazão de 2,25 m³s⁻¹. As vazões destinadas a abastecimento humano, irrigação do perímetro de Mirorós e vazão ecológica disponível no leito do rio Verde são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Disponibilidade hídrica da barragem Manoel Novaes

| Finalidade do Uso da Água | Vazão Disponível (m ³ s ⁻¹) |
|---------------------------------------|--|
| Abastecimento humano | 0,70 |
| Projeto de irrigação de Mirorós | 1,30 |
| Vazão ecológica no leito do rio Verde | 0,25 |
| Total | 2,25 |

Fonte: CODEVASF (1994).

Com posse da vazão disponibilizada para o sistema de irrigação do perímetro, foram realizadas simulações para obtenção da queda de referência da barragem. Conhecendo a queda de referência e a vazão de água é possível definir o tipo de turbina recomendado, assim como estimar sua potência de operação, por meio do Manual de Minicentrals Hidrelétricas (ELETROBRAS, 1988). A potência instalada é calculada pela Equação 1.

$$P = 9,81 Q H_{liq} \eta_T \eta_G \quad (1)$$

em que:

| | | |
|------------------|---|--|
| P | = | Potência instalada, kW; |
| Q | = | Vazão da turbina, m ³ s ⁻¹ ; |
| H _{liq} | = | Queda líquida, m; |
| η _T | = | Rendimento da turbina, decimal; e |
| η _G | = | Rendimento do gerador, decimal. |

O Manual de Minicentrals Hidrelétricas (ELETROBRAS, 1988) recomenda que, na falta de informações sobre os rendimentos da turbina e do gerador para estudos de viabilidade, pode-se considerar eficiência de 77% para a turbina e eficiência de 95% para o gerador. Nesse caso, o rendimento global do conjunto turbina-gerador ficaria em torno de 73%.

A avaliação de viabilidade econômica de instalação de uma Pequena Central Hidrelétrica na barragem Manoel Novaes foi feita com base nos indicadores Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL), Relação Benefício/Custo (RB/C) e Tempo de Retorno do Capital (TRC).

A Taxa Interna de Retorno é definida como aquela taxa de juros que faz que o somatório dos fluxos de caixa, descontados para o início do período, seja igual à zero. A TIR é comparada com a taxa mínima de atratividade para se decidir pela aceitação ou não de um projeto. Este indicador pode ser calculado pela Equação 2.

$$\sum_{j=0}^n R_j + (1 + \text{TIR})^j = \sum_{j=0}^n C_j + (1 + \text{TIR})^j \quad (2)$$

em que:

| | | |
|----------------|---|--|
| TIR | = | Taxa Interna de Retorno; |
| R _j | = | Receitas oriundas do projeto no ano j; |
| C _j | = | Custos do projeto no ano j; e |
| n | = | Vida útil do projeto. |

O Valor Presente Líquido é determinado descontando-se os fluxos líquidos de caixa para o início do período de investimento. Um projeto é economicamente viável quando VPL é maior que zero. Este indicador pode ser calculado pela Equação 3.

$$\text{VPL} = \sum_{j=0}^n R_j + (1 + \text{TIR})^j - \sum_{j=0}^n C_j + (1 + \text{TIR})^j \quad (3)$$

em que:

| | | |
|----------------|---|--|
| VPL | = | Valor Presente Líquido; |
| TIR | = | Taxa Interna de Retorno; |
| R _j | = | Receitas oriundas do projeto no ano j; |
| C _j | = | Custos do projeto no ano j; e |
| n | = | Vida útil do projeto. |

A Relação Benefício/Custo é definida como o quociente entre a soma dos benefícios e a soma dos custos, sendo estes descontados pela taxa de juros adotada. O projeto é considerado viável quando RC/B é maior que um. Essa relação pode ser representada pela Equação 4.

$$RB/C = \frac{\sum_{j=0}^n \frac{R_j}{(1 + TIR)^j}}{\sum_{j=0}^n \frac{C_j}{(1 + TIR)^j}} \quad (4)$$

em que:

| | | |
|----------------|---|--|
| RB/C | = | Relação Benefício/Custo; |
| TIR | = | Taxa Interna de Retorno; |
| R _j | = | Receitas oriundas do projeto no ano j; |
| C _j | = | Custos do projeto no ano j; e |
| n | = | Vida útil do projeto. |

O Tempo de Retorno de Capital (TRC) é o número de anos necessários para que o fluxo de caixa líquido se iguale ao investimento inicial. O TRC é aquele necessário para que o valor investido seja recuperado, calculado pela Equação 5.

$$TRC = \frac{CI}{RL} \quad (5)$$

em que:

| | | |
|-----|---|---|
| TRC | = | Tempo de Retorno de Capital (anos); |
| CI | = | Custo inicial (R\$); e |
| RL | = | Receita líquida anual esperada (R\$/ano); |

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentadas as quedas de maior frequência na barragem Manoel Novais, considerando dados de 1999 a 2007, para uso no cálculo do dimensionamento da turbina-gerador. Nota-se que as maiores frequências ficaram nas cotas de 523m e 525m, com 14,4% de repetições. O valor de cota igual a 525m foi adotado neste estudo.

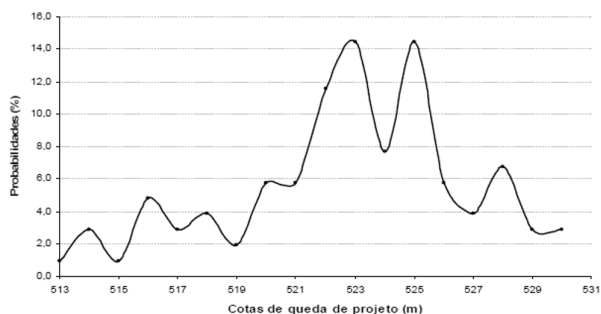


Figura 1 - Frequência das quedas de projetos da barragem Manoel Novaes

Uma representação do perfil da barragem Manoel Novaes é apresentada na Figura 2, na qual são destacadas as cotas de nível d'água e vazões de projeto.

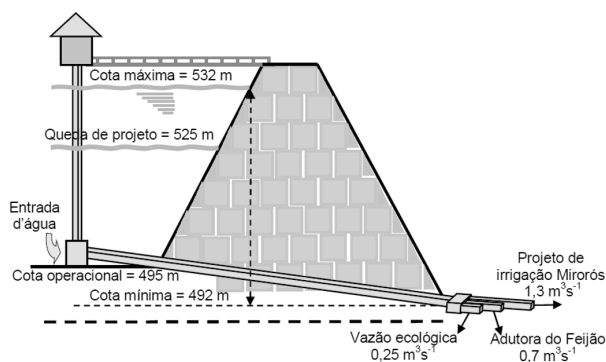


Figura 2 - Representação esquemática do perfil da barragem Manoel Novaes

Com base em recomendações do Manual de Minicentrals Hidrelétricas (ELETROBRAS, 1988), turbinas Banki e Francis podem ser utilizadas. O custo de uma turbina Banki é menor do que o de uma Francis para uma mesma queda e potência. Porém, como as indústrias do ramo têm experiência significativa com turbinas Francis, optou-se por esta. Para uma potência instalada de 500 kW, com base em dados

de mercado, é necessário um investimento de aproximadamente R\$ 380.000,00 para aquisição da turbina e de R\$ 300.000,00 para o gerador. Ressalta-se que estes são valores encontrados na época de realização do estudo; com a atual elevação do câmbio, os custos para aquisição destes componentes possivelmente estão maiores, uma vez que os preços dos mesmos estão vinculados ao mercado internacional. Com esses valores, pode-se compor o custo de uma minicentral hidrelétrica, apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Custos de construção e montagem de uma PCH na barragem Manoel Novaes

| Item | Discriminação dos Custos (R\$) |
|-------------------------------|--------------------------------|
| Turbina | 380.000,00 |
| Gerador | 300.000,00 |
| Engenharia | 170.000,00 |
| Construção civil | 145.000,00 |
| Peças | 145.000,00 |
| Mão-de-obra | 285.000,00 |
| Linha de transmissão (0,5 km) | 60.000,00 |
| Total | 1.485.000,00 |

Na Tabela 5 são discriminados o consumo de energia elétrica, a demanda de energia elétrica e os gastos com o sistema de irrigação do perímetro de Mirorós, atendido atualmente pela Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA). O custo médio mensal de energia elétrica, soma entre consumo e demanda, foi de R\$ 67.937,27 e o custo anual foi de R\$ 815.247,00. O consumo de energia elétrica foi responsável por 58% do custo total, enquanto a demanda de energia elétrica teve uma participação de 42%.

Tabela 5 - Consumo e demanda de energia elétrica e custos financeiros do sistema de irrigação do perímetro de Mirorós

| Itens | Mensal Média | Anual |
|---|--------------|------------|
| Consumo de energia elétrica (kWh) | 332.805 | 3993659 |
| Demanda de energia elétrica (kW) | 1.742 | 1.742 |
| Custo com consumo de energia elétrica (R\$) | 39.274,59 | 471.295,00 |
| Custo com demanda de energia elétrica (R\$) | 28.662,68 | 343.952,00 |

Nota: Foi considerado uma tarifa de demanda de 16,453 R\$/kW e uma tarifa de consumo de 0,118 R\$/kWh.

Na Tabela 6 é apresentada uma simulação de empréstimo para custear a obra da PCH (R\$ 1.485.000,00), com um ano de carência, 8% ao ano de taxa de juros e cinco anos para pagar. A simulação foi realizada com base nas seguintes considerações:

- i. O custo com consumo de energia elétrica e com demanda de energia elétrica representam, respectivamente, 42% e 58% do custo total com energia elétrica do sistema de irrigação do DIPIM;
- ii. A demanda mensal média do sistema de irrigação é igual a 1.742 kW e o consumo mensal médio é igual a 332.804 kWh;
- iii. A potência da PCH será igual a 500 kW, com produção de energia elétrica em um período de 4.000 horas/ano, gerando 2.000.000 kWh/ano; e
- iv. A energia elétrica gerada pela PCH atenderá 12% da demanda e 29% do consumo anual do sistema de irrigação do perímetro do DIPIM. Assim, seria evitado o gasto de R\$334.700,64/ano, dos atuais R\$815.247,24/ano, pagos à concessionária local de energia elétrica.

Tabela 6 - Plano de pagamento para quitação do empréstimo para pagamento da minicentral hidrelétrica do DIPIM

| Ano | Saldo Devedor (R\$) | Juros sobre Saldo Devedor (R\$) | Amortização (R\$) | Prestação (R\$) |
|--------|---------------------|---------------------------------|-------------------|-----------------|
| 0 | 1.485.000,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 1.150.299,36 | 118.800,00 | 334.700,64 | 453.500,64 |
| 2 | 815.598,71 | 92.023,95 | 334.700,64 | 426.724,59 |
| 3 | 480.898,07 | 65.247,90 | 334.700,64 | 399.948,54 |
| 4 | 146.197,43 | 38.471,85 | 334.700,64 | 373.172,49 |
| 5 | 0,00 | 11.695,79 | 146.197,43 | 157.893,22 |
| Totais | | 326.239,49 | 1.485.000,00 | 1.811.239,49 |

A energia gerada pela Pequena Central Hidrelétrica representaria em torno de 12% da demanda e 29% da energia consumida anualmente pelo sistema de irrigação de Mirorós. Portanto, seria possível uma redução total de 21,86% nos custos com energia elétrica do perímetro irrigado.

A Tabela 7 contém o resultado da análise econômica, considerando-se o fluxo de caixa da Tabela 6 e uma vida útil de 50 anos da PCH.

Tabela 7 - Análise econômica de vida útil da minicentral hidrelétrica do DIPIM

| Indicadores econômicos | Valor |
|------------------------|------------------|
| VPL | R\$ 1.425.616,54 |
| TIR | 44% |
| RB/C | 2,76 |
| TRC | 5 anos e 8 meses |

Segundo Eick (2010), a instalação de uma Pequena Central Hidrelétrica com potência de 1 MW instalada no estado do Rio Grande do Sul apresenta uma Taxa Interna de Retorno em torno de 18,2% e Tempo de Retorno de Capital médio de 9,5 anos. Esses indicadores econômicos são similares aos encontrados por Makaron (2009), que

obteve uma TIR em torno de 9 anos e um TRC de aproximadamente 15% para uma Pequena Central Hidrelétrica, com potência de 14 MW, em Santa Catarina. Bevilacqua Neto (2013), por sua vez, aponta um tempo de retorno de capital mais longo, de 14 anos, associada a uma TIR de 17%, para um projeto de PCH com potência de 5,8 MW no estado do Rio Grande do Sul. Como apresentado na Tabela 7, a instalação de uma PCH no perímetro de Mirorós apresentaria TIR e TRC mais favoráveis que os encontrados pelos autores citados anteriormente. Isto ocorre porque a barragem já está instalada, evitando-se custos financeiros referentes a esta estrutura. Quando comparada a Grandes Centrais Hidrelétricas, a instalação da PCH no perímetro de Mirorós exige maior período de tempo para ser paga. Além disso, a geração de energia elétrica em barragens de perímetros irrigados possui diversas externalidades, as quais devem ser consideradas na tomada de decisão, como impacto ambiental praticamente nulo (barragem já construída) e aumento da renda dos produtores rurais.

Atualmente, diversos perímetros irrigados estão em operação no Brasil, sendo o potencial de geração de energia elétrica de suas barragens desprezado. A análise apresentada para a barragem do perímetro de Mirorós poderia ser realizada para outros perímetros irrigados, de modo a incentivar o melhor uso deste tipo de barragem, com conseqüente diminuição de custos com insumos energéticos e aumento de rentabilidade dos agricultores.

4. CONCLUSÕES

Projetos de perímetros irrigados começaram a ser instalados no Brasil na década de 1960 com a finalidade de permitir o desenvolvimento de atividades agrícolas em áreas áridas e semiáridas do Brasil, especialmente as localizadas na região Nordeste. Atualmente, existem dezenas de projetos desta natureza instalados em diferentes estados, que poderiam ser melhor aproveitados ao se considerar o uso das barragens não só para atender a irrigação, mas também para geração de energia elétrica. Nos anos recentes tem sido visto um esforço do governo para implementar projetos que visam o uso múltiplo da água, o que é interessante, por permitir um melhor aproveitamento dos recursos naturais disponíveis. A implantação de uma Pequena Central Hidrelétrica na barragem Manoel Novaes, que atende o perímetro irrigado de Mirorós, na Bahia, seria economicamente viável, com Tempo de Retorno de Capital de 5 anos e 6 meses, Taxa de Retorno Interna de 44%, Relação Custo/Benefício de e 2,76 Valor Presente Líquido de R\$ 1.425.616,54. Tais indicadores econômicos são mais favoráveis que os encontrados por pesquisadores que analisaram projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas no Brasil com a finalidade de apenas gerar energia, com tempos de retorno de 9 a 14 anos, em grande parte devido ao

fato de que em perímetros irrigados já se tem barragem instalada, evitando-se custos financeiros referentes a esta estrutura. A Pequena Central Hidrelétrica poderia gerar 29% do consumo e 12% da demanda de energia elétrica do sistema de irrigação do perímetro.

Neste estudo foi realizada a análise para apenas um perímetro, indicando que para as condições analisadas, o uso de Pequena Central Hidrelétrica seria uma boa alternativa para reduzir os custos com suprimento de energia elétrica dos agricultores e conseqüentemente reduzir seus custos de produção, com implicação em melhores índices de rentabilidade do empreendimento rural. Deste modo, é apenas uma indicação de viabilidade econômica do uso de PCHs em perímetros irrigados no Brasil, sendo recomendado que seja feita uma análise de viabilidade econômica prévia em cada caso, já que os indicadores de viabilidade podem variar bastante com base em parâmetros locais, incluindo consumo de energia elétrica pelo perímetro irrigado, potencial hidrelétrico existente e preço da tarifa da concessionária de energia elétrica.

Ressalta-se que o uso de Pequenas Centrais Hidrelétricas apresenta vários impactos socioambientais comparada às Grandes Centrais Hidrelétricas, tipo predominante de geração de energia elétrica no Brasil. Estas últimas demandam o alagamento de grandes áreas para construção de reservatórios de água, com conseqüente necessidade de deslocamento de populações ribeirinhas e danos à diversidade local de fauna e flora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADHAU, S. P.; MOHARIL, R. M.; ADHAU, P. G. Mini-hydro power generation on existing irrigation projects: Case study of Indian sites. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 16, p. 4785-4795, 2016.

ANA - Agência Nacional de Águas. *Conjuntura Recursos Hídricos - Brasil 2013*. 432 p. Brasília: ANA, 2013.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Banco de Informações de Geração. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 05 de maio de 2016.

BEVILACQUA NETO, S. S. Viabilidade econômica e financeira de uma Pequena Central Hidrelétrica e sua inserção na Matriz energética brasileira. *Revista da Graduação*, v. 6, n. 2, p. 1-36, 2013.

BRASIL. Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998. Altera dispositivos das Leis no 3.890-A, de 25 de abril de 1961, no 8.666, de 21 de junho de 1993, no 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, no 9.074, de 7 de julho de 1995, no 9.427, de 26 de dezembro de 1996, autoriza o Poder Executivo a promover a reestruturação da Centrais Elétricas Brasileiras - ELETROBRÁS e de suas subsidiárias, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 1998.

CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. Perímetros irrigados: Elenco de Projetos. Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br/principal/perimetros-irrigados/elenco-de-projetos>>. Acesso: 01 abr. 2013

CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. Manual de operação e manutenção do projeto de irrigação de Mirorós. Edição final: Magna Engenharia Ltda., 1994. 249 p.

EICK, G. Viabilidade Econômica e Financeira de uma Pequena Central Hidrelétrica no Brasil. Monografia (Bacharelado em Ciências Econômicas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2010.

ELETROBRÁS - Centrais Elétricas Brasileiras S. A. Manual de mini-centrais hidrelétricas. Rio de Janeiro, 1988. 530 p.

FELTZ, N.; Vanclooster, M. Factors Explaining On-site Irrigation Performance Variability in Triffa's Irrigated Perimeter (East Morocco). *Procedia Environmental Sciences*, v. 19, p. 757-766, 2013.

FERREIRA, J. H. I.; Camacho, J. R.; Malagoli, J. A.; Guimarães Júnior, S. C. Assessment of the potential of small hydropower development in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 56, p. 380-387, 2016.

KONG, Y.; Wang, J.; Kong, Z.; Song, F.; Liu, Z.; Wei, C. Small hydropower in China: The survey and sustainable future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 48, p. 425-433, 2015.

LEVIDOW, L.; Zaccaria, D.; Maia, R.; Vivas, E.; Todorovic, M.; Scardigno, A. Improving water-efficient irrigation: Prospects and difficulties of innovative practices. *Agricultural Water Management*, v. 146, p. 84-94, 2014.

LOPES, J. F. B.; Andrade, E. M.; Chaves, L. C. G. Impacto da irrigação sobre os solos de perímetros irrigados na Bacia do Acaraú, Ceará, Brasil. *Engenharia Agrícola*, v.28, n.1, p.34-43, janmar. 2008.

LUCON, O.; Goldemberg, J. Crise financeira, energia e sustentabilidade no Brasil. *Estudos avançados*, v. 23, n. 65, p. 121-130, 2009.

MAKARON, P. M. Análise de viabilidade de projetos de pequenas centrais hidrelétricas: pontos críticos de sucesso a partir de estudos de caso no estado de Santa Catarina. Dissertação (Mestrado em Energia). 145 p. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

MANETA, M. P.; Torres, M.; Wallender, W. W.; Vosti, S.; Kirby, M.; Bassoi, L. H.; Rodrigues, L. N. Water demand and flows in the São Francisco River Basin (Brazil) with increased irrigation. *Agricultural Water Management*, v. 96, p. 1191-1200, 2009.

ORTEGA, A. C.; Sobel, T. F. Desenvolvimento Territorial e Perímetros Irrigados: Avaliação das Políticas Governamentais Implantadas nos Perímetros Irrigados Bebedouro e Nilo Coelho em Petrolina (PE). *Planejamento e Políticas Públicas*, n. 35, p. 87-118, 2010.

PONTES, A. G. V.; Gadelha, D.; Freitas, B. M. C.; Rigotto, R. M.; Ferreira, M. J. M. Os perímetros irrigados como estratégia geopolítica para o desenvolvimento do semiárido e suas implicações à saúde, ao trabalho e ao ambiente. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 18, n. 11, p. 3213-3222, 2013.

SOUSA, I. F.; Silva, V. P. R.; Sabino, F. G.; Netto, A. O. A.; Silva, B. K. N.; Azevedo, P. V. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do Estado de Sergipe. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.6, p.633-644, 2010.

TIAGO FILHO, G. L.; Galhardo, C. R.; Barbosa, A. C.; Barros, R. M.; Silva, F. G. B. Analysis of Brazilian SHP policy and its regulation scenario. *Energy Policy*, v. 39, n. 10, p. 6689-6697, 2011.

ZEMA, D. A.; Nicotra, A.; Tamburino, V.; Zimbone, S. M. A simple method to evaluate the technical and economic feasibility of micro hydro power plants in existing irrigation systems. *Renewable Energy*, v. 85, p. 498-506, 2016.

Agradecimento

O Comitê Editorial da RBE agradece a colaboração dos revisores que muito contribuíram para a qualidade dos trabalhos publicados nesta edição.

Carlos Alberto Fróes Lima
Clayton Ferraz Andrade
Fabrício Germano Alves
Humberto Cunha Santos
Luís Geraldo Gomes da Silva
Marcio Zamboti Fortes

Informações para Autores

Propostas de publicações em consonância com o disposto na missão da Revista Brasileira de Energia (RBE) poderão ser enviadas ao Comitê Editorial para análise, através de link específico existente no site da Sociedade Brasileira de Planejamento Energético (www.sbpe.org.br).

A formatação final para publicação ficará por conta do departamento de diagramação da RBE, porquanto os artigos deverão ser enviados em formatação simples, conforme o disposto a seguir:

- Os trabalhos devem ser editados e enviados em arquivo Word.
- Papel A4, margens 20 mm, fonte Times New Roman tamanho 12, espaçamento 1,5.
- Figuras com resolução mínima de 300 dpi.
- O nome do autor ou autores, não devem ser abreviados, e as respectivas informações de instituição, endereço, cidade, cep, estado, telefone e e-mail devem ser apresentadas.
- Todos os itens devem ser numerados sequencialmente, exceto Resumo e Abstract. Não usar numeração automática do processador de texto. Serão aceitos no máximo 3 subníveis de numeração, a partir dos quais poderão ser usadas letras como único subnível adicional.
- Títulos de figuras e tabelas, abaixo e acima das mesmas, respectivamente, sem descrição de fonte, a qual deverá ser feita ao longo do texto, muito menos a existência do termo “autoria própria”.
- Referências a trabalhos deverão ser citadas no texto com nome do autor (ou autores) e ano de publicação, entre parêntesis [Ex.: (Autor 1, 1928); (Autor 1 e Autor 2, 1928)]. Na existência de mais de dois autores, escreve-se o nome do primeiro autor seguido da expressão et al. [Ex.: (Autor 1 et al, 1928)].

Referências bibliográficas:

- Somente deverão ser citados autores ou trabalhos que estejam incluídos na lista de referências bibliográficas, assim como todos os trabalhos listados nas referências bibliográficas deverão ter sido citados no texto.
- Referências a autor(es) deverão ser citadas no texto com nome do autor (ou autores) sucedida do ano de publicação entre parêntesis [Ex.: Autor 1 (1928); Autor 1 e Autor2(1928)].
- Na existência de mais de dois autores, escreve-se o nome do primeiro autor seguido da expressão et al. [Ex.:Autor 1 et al (1928)].

