

ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE GERADORES HIDRELÉTRICOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA COPASA-MG

Juliana Helena Daroz Gaudêncio^a, Thiago Pouza Mussolinia^b, Carlos Eduardo Batista^a

^a Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Engenharia de Produção e Gestão, UNIFEI, Itajubá – MG

^b Fundação de Ensino e Pesquisa de Itajubá - FEPI, Itajubá - MG

RESUMO

A utilização de fontes limpas para geração de energia elétrica ganha cada vez mais espaço devido ao baixo impacto que elas causam ao meio ambiente. Dentre os tipos de fontes renováveis, destaca-se a energia hidrelétrica com as grandes, pequenas e micro centrais. Tendo isto em vista, o presente trabalho tem como objetivo realizar a análise da viabilidade econômica da implantação de um sistema de geração de energia hidrelétrica em uma companhia de saneamento situada em Belo Horizonte/MG (COPASA). Foram realizadas três análises: (1) análise econômica com a utilização das ferramentas Payback, VPL e TIR; (2) análise de sensibilidade que apontará a oscilação das variáveis; e (3) a análise de risco. O método de pesquisa utilizado para a condução deste trabalho foi a modelagem e simulação, uma vez que foi considerada a simulação dos valores financeiros de fluxo de caixa com base em dados reais. Por fim, as ferramentas utilizadas, VPL e TIR, indicam que o projeto de implantação dos geradores hidrelétricos, na COPASA, para geração própria de energia elétrica, é viável. As variáveis mais impactantes na viabilidade do projeto foram: Tarifa Energética, Produção de Energia, Período de Funcionamento e Fator de Potência.

PALAVRAS-CHAVE:

geração de energia elétrica,
VPL,
TIR,
análise de risco,
análise de sensibilidade.

INTRODUÇÃO

Uma das abordagens mais utilizadas atualmente é o desenvolvimento sustentável que engloba a preservação ambiental, social e o desenvolvimento econômico, visando utilizar os recursos disponíveis de forma inteligente para que não se esgotem (COPASA, 2018). Ainda, segundo o relatório de sustentabilidade da COPASA, dentre os recursos esgotáveis presentes no planeta, a água é um dos principais recursos para a sobrevivência da vida na Terra e para o desenvolvimento das atividades socioeconômicas.

Para suprir a necessidade da população, levando em consideração o avanço considerável na demanda de energia elétrica, se faz preciso novos investimentos, e uma das alternativas mais empregadas na geração de energia elétrica é a energia hidráulica (ABBUD; TANCREDI, 2010).

Na Figura 1, visualiza-se a matriz energética do Brasil que mostra que a maior fonte de geração de energia no país, provém das fontes hídricas.

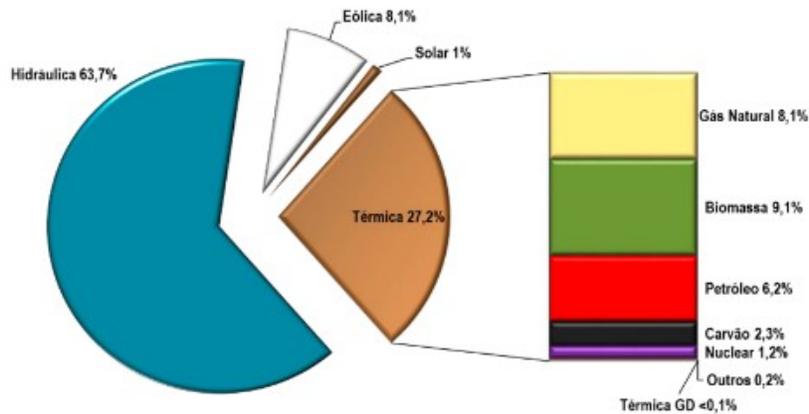


Figura 1 - Capacidade instalada de geração de energia elétrica em junho de 2018 (Ministério de Minas e Energia, 2018)

Segundo o Ministério de Minas e Energia (2018), as fontes renováveis de energia (Hidráulica + Biomassa + Eólica + Solar) somam 81,9% da capacidade instalada na geração de energia elétrica brasileira, em que a energia hidráulica corresponde a 63,7% de toda fonte de geração de energia no Brasil, e é composto por Unidades Hidrelétricas (UHE), Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) e Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH).

A geração por CGH como fonte alternativa, nos municípios na qual a configuração permita, podem ser instaladas na rede de distribuição de água, aproveitando das estruturas já instaladas na rede, excluindo a necessidade de grandes investimentos financeiros e permitindo o maior acesso a esta tecnologia (SOSNOSKI, 2015).

Utilizando o conceito de usos múltiplos da água, previsto na Lei 9.443/1997, a água utilizada para abastecimento público, pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA – MG), além de abastecer a população, pode colaborar com o meio ambiente gerando energia elétrica de forma sustentável (SOSNOSKI, 2015).

Em 2017, foi declarado que a terceira maior despesa operacional da COPASA-MG foi relacionada a energia elétrica, abaixo apenas das despesas com pessoal e com prestação de serviços de terceiros.

Considerando os fatos descritos e tendo em vista que o tema “Sustentabilidade” ganha cada vez mais importância, assim como a geração de energia limpa cresce no mundo, este trabalho tem como objetivo geral realizar a análise da viabilidade econômica, por meio das variáveis *payback*, VPL e TIR, da instalação de um sistema de geração de energia hidrelétrica no sistema de distribuição da COPASA. A sede objeto de estudo está localizada na cidade de Belo Horizonte/MG.

- O presente trabalho foi conduzido através do método de pesquisa modelagem e simulação e teve como objetivos específicos a análise das variáveis que compõe o fluxo de caixa e como elas podem impactar no aumento ou diminuição da lucratividade, a identificação dos riscos e as incertezas do projeto. Desse modo, três métodos foram utilizados com o propósito de verificar a viabilidade econômica da implantação de geradores na COPASA para fins de consumo próprio de energia. São eles: análise de investimentos, análise de sensibilidade e análise de risco.

MATERIAIS E MÉTODOS

Fundamentação teórica

Conforme mencionado por Filho *et al.* (2007), antigamente, diversos métodos eram empregados para elevar a água dos rios a uma altura maior do que suas margens. Um destes métodos era a roda Persa, mostrada na Figura 2, que é uma roda montada em um eixo horizontal com recipientes em sua extremidade em que era movimentada por animais. Segundo Bienes (2003), uma das primeiras formas de substituição do trabalho animal pelo mecânico foi o uso da energia hidráulica.

Na Figura 3, nota-se, que ao interromper o giro da roda Persa, a corrente tende a girar a roda na direção oposta, em que foi concebida a ideia revolucionária de que a corrente de água poderia realizar trabalhos, pois continha energia. Neste modelo, a roda é acionada pela força da correnteza, e não mais pelos animais (FILHO *et al.*, 2007). O aproveitamento desta energia é feito através

de turbinas hidráulicas devidamente acopladas a um gerador (BIENES, 2003).

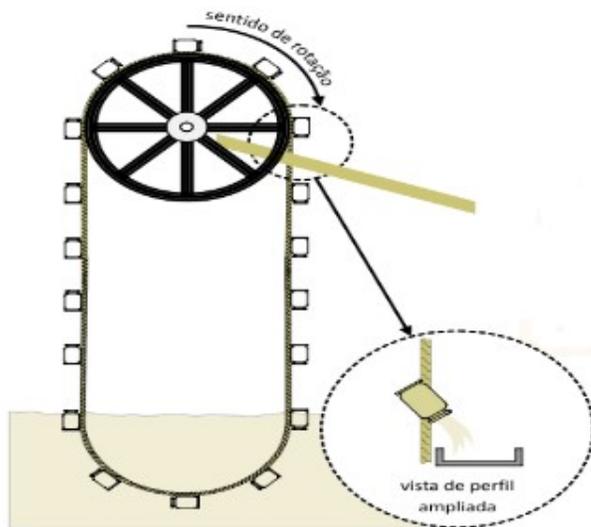


Figura 2 - Roda Persa (FILHO et al. 2007)

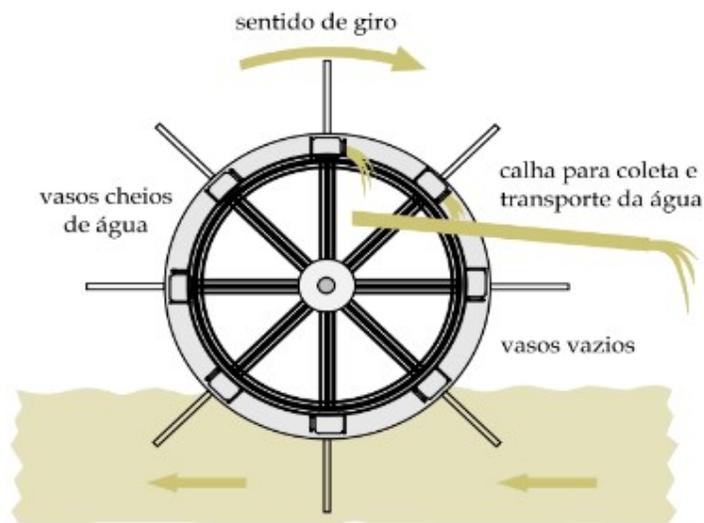


Figura 3 - Roda Persa acionada pela correnteza do rio (FILHO et al. 2007)

COPASA-MG

A COPASA-MG, é uma empresa de economia mista, cuja principal atividade é a prestação de serviços em abastecimento de água, esgotamento sanitário e resíduos sólidos.

A construção do sistema de abastecimento, além da fonte, também leva em consideração a população a ser atendida, e a taxa de crescimento da cidade bem como as suas necessidades industriais. Segundo as informações contidas no site da COPASA, o sistema é composto pelas seguintes unidades:

- Captação;
- Adução;
- Estação de tratamento;
- Reservação;
- Redes de distribuição;
- Ligações domiciliares.

A captação pode ser superficial através de bombeamento ou por gravidade nos lagos, rios ou represas. Já a captação subterrânea é efetuada através de poços artesianos com perfurações de 50 a 100 metros capturando a água dos lençóis subterrâneos, por meio de motobombas (COPASA, 2018). A Figura 4 representa todo o processo envolvido.

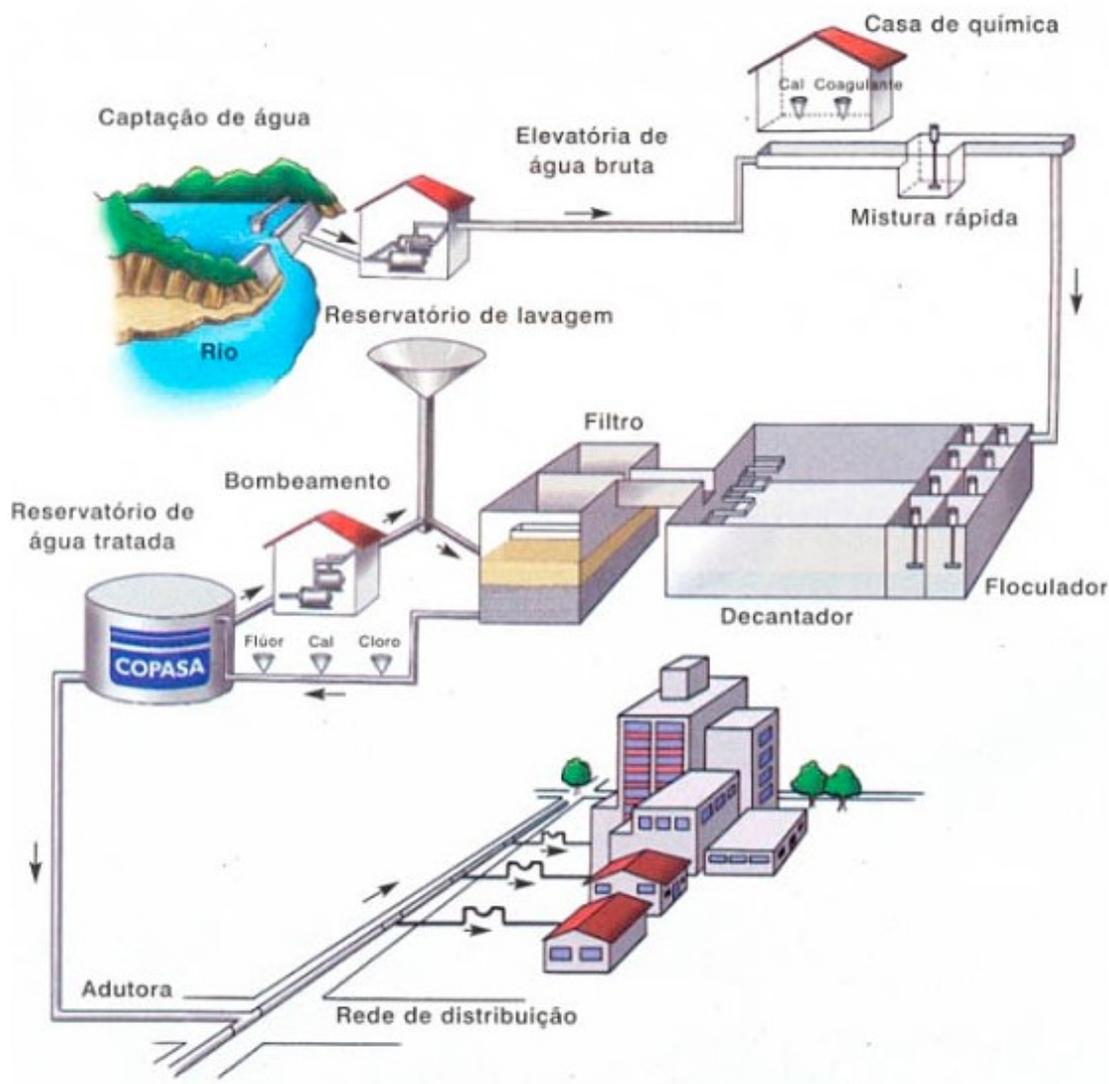


Figura 4 - Sistema de tratamento de água (COPASA 2018)

Análise econômica

Segundo Filho e Kopittke (2000), os fatores que devem ser considerados ao fazer uma análise financeira e econômica, são apenas os que podem ser convertidos em unidades monetárias. Entretanto, existem fatores que podem ter impactos e que não sejam possíveis de serem mensurados financeiramente. Os autores também afirmam que há três critérios que devem ser considerados pelos responsáveis que tomam as decisões: os critérios econômicos que visam a rentabilidade do investimento, os critérios financeiros que fazem a análise da disponibilidade dos recursos e os critérios imponderáveis que são os fatores que não são conversíveis em dinheiro.

Análise de Investimento

Segundo Filho e Kopittke (2000), para traçar o objetivo da análise de investimento, deve-se levar em conta, primeiramente, o retorno esperado que é o objetivo da empresa.

Um investimento pode ser resumido pelo fluxo de caixa do projeto. Este fluxo de caixa deve registrar todas as movimentações de saídas, que são os investimentos, e as entradas em virtude desses investimentos, ou receitas, durante um período de tempo pré-estabelecido (NARDELLI e MACEDO, 2011).

Para realizar a análise de investimentos deste trabalho, o fluxo de caixa será de suma importância, pois servirá como base para as técnicas: tempo de retorno (Payback), valor presente líquido (VPL), e taxa interna de retorno (TIR) conforme detalhados a seguir.

Payback

Segundo Filho e Kopittke (2000), o *payback* consiste em definir qual o tempo necessário para que haja a recuperação de todo o montante investido a partir de suas receitas.

Considerando uma receita fixa anual, o *payback* é calculado em anos, dado pela Eq. (1).

$$\text{Payback} = \frac{\text{Investimento}}{\text{Receita}} \quad (1)$$

Gitman (2012) afirma, que o método possui três grandes desvantagens: desconsidera o valor do dinheiro no tempo, não possui o conceito de equivalência, e a incapacidade de considerar os fluxos de caixa posteriores a recuperação do investimento.

Valor Presente Líquido

Hirschfeld (2009) define VPL como um método que permite determinar um valor na data atual, ou seja, na data 0, baseado em um fluxo de caixa composto por previsões financeiras.

Segundo Gitman (2012), o VPL é um método que considera o valor do dinheiro no tempo, e é considerado uma técnica de orçamento de capital conforme descrito na Eq. (2).

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} - FC_0 \quad (2)$$

Em que:

VPL: Valor Presente Líquido em R\$;

FC_0 : Investimento Inicial em R\$;

FC_t : Valor esperado do fluxo de caixa (para “t” períodos) em anos;

k: Taxa Mínima de Atratividade (TMA) em %.

Silva (2016) afirma, que para um projeto se tornar viável, o VPL deve ser superior a zero, pois assim a empresa irá registrar um retorno maior que o investimento.

Taxa Interna de Retorno

Segundo Pilão e Hummel (2006), o método da TIR permite verificar se um investimento é rentável. Ainda segundo os autores, quando se está calculando a TIR, na prática estão sendo igualadas as receitas e as despesas do fluxo de caixa na data conforme representado na Eq. (3).

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} - FC_0 \quad (3)$$

Em que:

TIR: Taxa Interna de Retorno em %;

FC_0 : Investimento Inicial em R\$;

FC_t: Valor esperado do fluxo de caixa (para “t” períodos) em anos;

Quando se compara a Equação (2) à Equação (3), pode-se perceber que a TMA será igual a TIR, quando VPL for igual a 0. Assim sendo, a aceitação do método TIR se dá quando ela for igual ou maior que a TMA (PILÃO; HUMMEL, 2006).

Análise de sensibilidade

De acordo com Sanches *et al.* (2003), um método para examinar as incertezas é a análise de sensibilidade, mensurando o quão impactante um dado de entrada, variado isoladamente, pode influenciar no resultado da análise.

A utilização de análises estocásticas, permite quantificar a probabilidade de um projeto alcançar ou não o sucesso econômico, pois a utilização de análises das principais variáveis de forma determinística não considera os riscos e incertezas do modelo (ROBBUS *et al.*, 2016).

Análise de risco

Segundo Borges Júnior *et al.* (2008), ao utilizar técnicas de análise de risco, o foco é mantido na variável de saída gerando, assim, uma função da probabilidade acumulada, que se baseia nas relações das distribuições de probabilidade das variáveis de entrada com os parâmetros definidos.

Simulação de Monte Carlo

Conforme Metropolis e Ulam (2008); Corrar e Theóphilo (2004), a Simulação de Monte Carlo (SMC) é um mecanismo de geração de números aleatórios atribuindo valores as variáveis de entrada do sistema a se analisar. Pode-se utilizar esse método para tomar decisões em que os riscos e as incertezas façam parte do problema.

Metodologia de Pesquisa

Descrição do objeto de estudo

O presente trabalho será aplicado na COPASA sediada na cidade de Belo Horizonte/MG na qual objetiva instalar um sistema hidrelétrico para a sua própria geração de energia. O orçamento da aplicação do sistema de turbinas foi fornecido por uma empresa especializada na qual considerou uma turbina do tipo Pelton, com uma potência de 60 kVA – trifásico – 127/220/330/440 V.

Modelagem e simulação

O método de pesquisa adotado neste trabalho é a modelagem e simulação. Um fluxo de caixa referente a instalação de um sistema hidrelétrico nas linhas de tratamento de água da companhia de saneamento é modelado e simulado a partir de dados reais. Em seguida, é feita a análise destes dados com o auxílio das ferramentas de Engenharia Econômica, com o intuito de auxiliar o embasamento da tomada de decisão de uma empresa. É válido ressaltar que foi utilizado o software CrystalBall® para executar a SMC. O Quadro 1 apresenta de forma sucinta a classificação desta pesquisa.

Quadro 1 – Classificação da pesquisa

Tipo de Pesquisa	Modelagem e Simulação
Abordagem	Quantitativa
Natureza	Axiomática
Objetivo	Normativo
Área de Pesquisa	Engenharia Econômica
Sub Área	Análise de Investimentos

Bertrand e Fransoo (2002), afirmam que as pesquisas quantitativas baseadas em modelos são classificadas em quatro tipos: empírica normativa, empírica descritiva, axiomática normativa e axiomática descritiva.

Entretanto, para as pesquisas axiomáticas normativas conforme classificada neste trabalho, o pesquisador cria tanto o modelo conceitual, quanto o modelo científico e, também, os soluciona. Essa solução pode, novamente, alimentar o modelo conceitual para possíveis alterações ou contribuições. Entretanto, não realiza a etapa da implementação (BERTRAND e FRANSOO, 2002).

Esta pesquisa pode ser classificada como quantitativa, pois, segundo Turrioni e Mello (2012), este tipo de pesquisa aborda tudo o que pode traduzir informações em números, para que se possa realizar a análise e classificação.

Para a execução deste trabalho, foram determinadas 6 (seis) etapas a serem seguidas (Figura 6), baseadas no modelo proposto por Mitroff *et al.* (1974), ilustrado pela Figura 5.

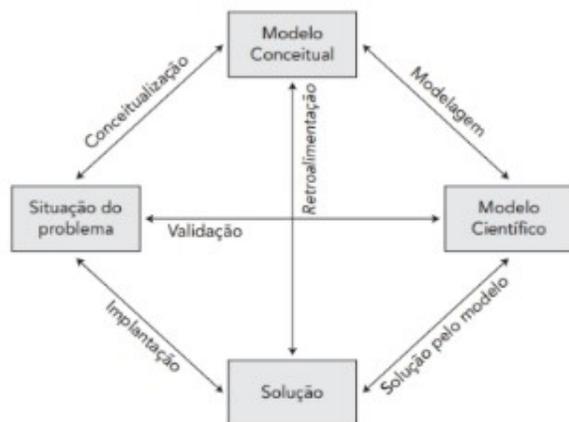


Figura 5 - Modelo de pesquisa e simulação (Mitroff et al. 1974)

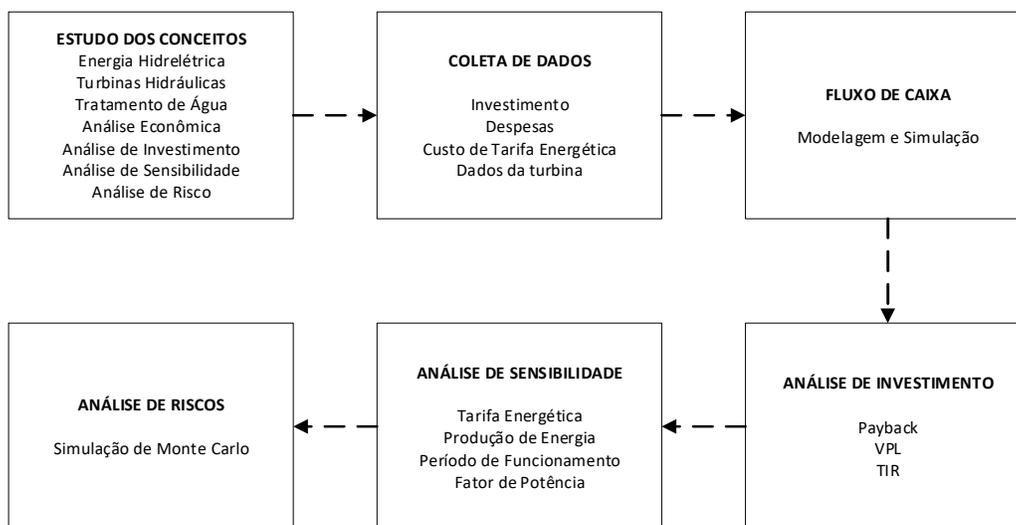


Figura 6 - Etapas da Metodologia. Adaptado de Silva (2017)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Elaboração do fluxo de caixa

A modelagem do fluxo de caixa (ANEXO) foi realizada conforme a Tabela 1 e utilizou dados colhidos com a COPASA e com a empresa que realizou o orçamento.

Tabela 1 - Modelagem do fluxo de caixa (Adaptado de SILVA, 2016)

Receita líquida
(-) Custos e despesas
(-) Taxa ANEEL
(+) Depreciação
Lucro antes dos impostos
(-) IRPJ/CSLL
Lucro líquido
(-) Investimentos
(+) Valor residual
Fluxo de caixa

Receita líquida

A receita líquida representa a economia gerada pelo sistema e é calculada pela Eq. (4).

$$\text{Receita Líquida} = \text{Tarifa energética} \times \text{Produção de energia} \quad (4)$$

A tarifa energética corresponde ao custo anual da tarifa em MWh/ano. Um dado considerado, foi que a tarifa energética possui um crescimento de aproximadamente 2,5% ao ano. (AQUILA *et al.*, 2016).

Já a produção de energia elétrica, corresponde a quantidade de energia produzida pelo sistema de geração de energia hidráulica em MWh/ano.

Em consoante com a Nota Técnica no 128/2009–SEM/ANEEL, devido as usinas a fio d'água possuírem baixa flexibilidade e operação estável, no caso deste projeto, os dados inexistentes serão completados multiplicando a potência instalada por 0,9 (ANEEL, 2009).

No ano de 2017, segundo dados da COPASA, a demanda com energia elétrica de finalidade administrativa foi de 67.849 kWh divididos por 3 unidades consumidoras. Com o sistema de geração de energia, seria possível gerar 457.000 kWh, podendo alimentar 6,7 vezes o valor da demanda conforme mostra a

Figura 7.

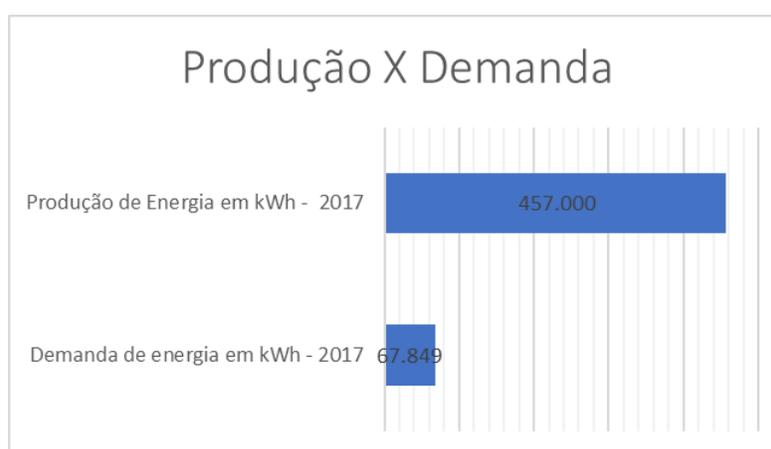


Figura 7 - Produção e Demanda 2017

Segundo a ANEEL (2012), na resolução normativa N° 482, de 17 de abril de 2012, para fins de compensação, a energia ativa injetada no sistema de distribuição pela unidade consumidora, será cedida a distribuidora a título de empréstimo, passando a unidade consumidora ter um crédito durante um prazo de 60 meses em quantidade de energia ativa a ser consumida, em que este

crédito pode ser usado para abater faturas futuras.

Custos e despesas

Os custos e despesas representam os gastos referentes a manutenção do sistema, que foram dimensionados conforme orientação do fabricante e são calculados conforme Eq. (5).

$$\text{Custos e Despesas} = \text{Receita Líquida} * 7,5 \% \quad (5)$$

Em consoante com Candido e Santos (2012), o custo de Operação e Manutenção adotado para este projeto foi estimado em um valor de 7,5% da receita para a operação e manutenção da CGH em estudo.

Conforme a ANEEL (2016), os custos de instalação, operação e manutenção (incluindo os custos de eventual substituição), com o sistema de medição para micro geração distribuída, como é o caso deste projeto, são de responsabilidade da distribuidora.

Impostos

Os impostos representam o Imposto de Renda Pessoa Jurídica (IRPJ) e a Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL), que no caso da COPASA são 34% (15% de IR, 10% de adicional de IR e 9% de CSLL). As alíquotas utilizadas são representadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Alíquotas

IRPJ	25%
CSLL	9%

Ambos impostos são calculados em relação ao lucro líquido antes dos impostos, conforme Equações (6) e (7).

$$\text{IRPJ} = \text{Lucro antes dos impostos} * 25\% \quad (6)$$

$$\text{CSLL} = \text{Lucro antes dos impostos} * 9\% \quad (7)$$

Investimento

A precificação do investimento para a implantação do sistema de geração de energia hidrelétrica foi de responsabilidade da empresa especializada e tem um valor total de R\$ 165.630,80, sendo de R\$ 77.990,00 o custo do gerador e R\$ 87.730,80 a instalação e demais itens.

Segundo Balarim (1996), em casos que a potência do gerador do sistema hidrelétrico é menor que 100 kW, a transmissão de energia elétrica ocorre sem dispositivos elevação e rebaixamento de tensão. Devido à pequena distância até o centro de consumo, o projeto padrão prevê a transmissão de energia em baixa tensão.

Valor Residual

Em consoante com a EFEI (2000), esse procedimento não tem sido muito adotado por causa da dificuldade em se estimar o valor residual, numa economia instável como à brasileira.

Depreciação

Segundo o Ministério da Fazenda (2019), a taxa de depreciação anual para turbinas hidráulicas, rodas hidráulicas, e seus

reguladores, com o código NCM (Nomenclatura Comum do MERCOSUL) 8410, corresponde a 10% do seu valor com um prazo de vida útil de 10 anos.

Taxa ANEEL

A TFSEE (Taxa de Fiscalização de Serviços de Energia Elétrica), é revertida à ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), sendo equivalente a 0,5% do valor do benefício econômico anual auferido pelos concessionários, permissionários ou autorizados, inclusive os produtores independentes e os autoprodutores. (ANEEL, 2012). A Taxa é calculada conforme a Eq. (8):

$$TF t = \frac{0,5}{100} \times Pa t \quad (8)$$

Em que:

TF t – Valor anual da TFSEE das concessionárias de transmissão de energia elétrica em R\$;

Pa t – Somatório da receita faturada pelo uso da rede de transmissão em R\$.

Análise de investimentos

Na análise de investimentos foi verificada a viabilidade econômica através das ferramentas descritas no referencial teórico. Vale lembrar que a TMA a ser utilizada neste projeto foi considerada 10,17% ao ano, dado colhido com a COPASA.

Payback

Realizando a Equação (1) obtém-se um *Payback* de 1 ano e 2 meses.

Valor Presente Líquido

Realizando a Equação (2) obtém-se um VPL de R\$1.160.883,64, sendo assim, de acordo com o que foi descrito no referencial teórico, a instalação do sistema possui um VPL positivo e é viável.

Taxa Interna de Retorno

Realizando a Equação (5), obtém-se uma TIR de 85%. Sendo assim, a instalação do sistema possui uma TIR maior que a TMA adotada pela COPASA (10,17%), e é viável.

Análise de sensibilidade

Após a análise de investimento, foi realizada a análise de sensibilidade com o intuito de verificar quais as variáveis mais impactam na viabilidade do projeto, através da análise do VPL. Definiu-se uma variação de ±10 % com uma distribuição normal nas seguintes variáveis conforme o Quadro 2.

Quadro 2 - Variáveis e variações

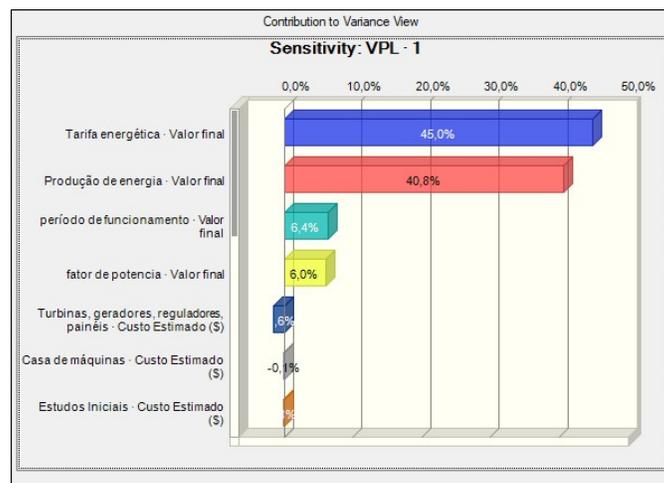
Variáveis	Variação
Estudos iniciais	±10 %
Desenvolvimento	±10 %
Engenharia	±10 %
Turbinas, geradores, reguladores, painéis	±10 %
Instalação	±10 %
Transporte	±10 %
Tubulação	±10 %
Casa de máquinas	±10 %
Subestação e linhas de transmissão	±10 %
Transporte	±10 %

Também foi definida uma variação conforme descrita na Tabela 3 para uma distribuição triangular.

Tabela 3 - Variação de distribuição triangular

	Valor Mínimo	Valor Ideal	Valor Máximo
Tarifa energética	R\$ 0,4093	R\$ 0,4637	R\$ 0,6203
Produção de energia	40 kVA	59 kVA	60 kVA
Fator de potência	85%	90%	95%
Período de funcionamento	300 dias	345 dias	353 dias
Despesas e custos	-8%	-8%	-7%

Após a simulação realizada pelo software CrystalBall®, foi gerado o gráfico de sensibilidade conforme Figura 8. Analisando a Figura 8, percebe-se que as variáveis mais impactantes no projeto são Tarifa energética, Produção de energia, Período de funcionamento e Fator de potência, ou seja, o VPL possui uma maior sensibilidade à oscilação dessas variáveis.



Análise de risco

A partir da identificação das variáveis que mais impactam a viabilidade econômica do projeto, foi executada a análise de risco. Esta análise considerou a variável Produção de Energia, Fator de potência e Período de funcionamento conforme as especificações dadas pelo fabricante. Uma distribuição de probabilidade uniforme foi associada à variável Tarifa energética.

O pressuposto para a Produção de energia pautou-se em uma média de 53 kVA, com um desvio padrão de 4,60 kVA. Já o pressuposto do Período de funcionamento, pautou-se em uma média de 333 dias, com um desvio padrão de 12 dias, a variável Fator de potência com uma média de 89% e um desvio padrão de 3%, e a tarifa energética com a média de R\$0,50 e desvio padrão de R\$0,04. Com base nesses dados e utilizando o software CrystalBall®, foi executada a SMC com 10.000 interações. Ao final da simulação constatou-se que a TIR, para este projeto, possui uma média de 79%, com um desvio padrão de 15%, limite superior de 41% e inferior de 190%, como mostra a Figura 9.

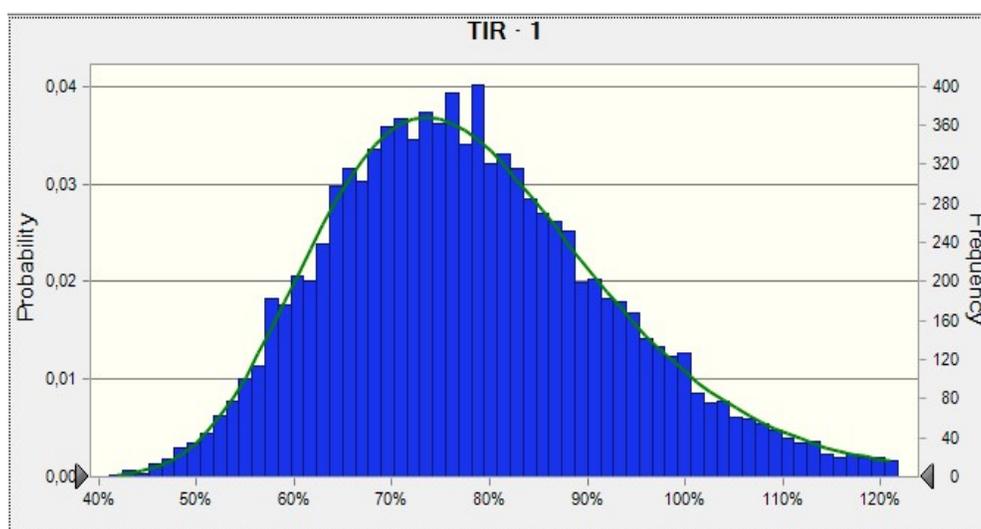


Figura 9 - Distribuição da TIR

Ao se analisar os dados gerados pela SMC e comparando com a TMA da COPASA, verifica-se que há 100% de probabilidade da TIR ser maior que a TMA. Portanto, ao fazer uma análise de risco, conclui-se que o projeto é viável.

CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi verificar a viabilidade econômica da instalação de um sistema de geração hidrelétrica na COPASA situada em Belo Horizonte/MG. Pela análise determinística, obteve-se um *Payback* de 1 ano e 2 meses, um VPL positivo de R\$1.160.883,64 e uma TIR de 85%, superior a TMA. Por este método, conclui-se que o projeto é viável.

Subsequente a análise determinística, realizou-se duas análises estocásticas: sensibilidade e risco. A análise de sensibilidade ponderou a significância da Produção Anual de Energia e do Investimento, sendo as duas variáveis mais impactantes ao projeto. Por último, a análise de risco complementou a análise determinística, ao gerar uma distribuição de probabilidade que, em 100% dos casos, obteve uma TIR maior que a TMA da COPASA.

Portanto, recomenda-se realizar a execução do projeto de geração de energia hidráulica, pois, ao se analisar as principais ferramentas de Engenharia Econômica, os resultados sugerem que o projeto é viável.

REFERÊNCIAS

Abbud, O. A.; Tancredi, M. Transformações Recentes da Matriz Brasileira de Geração de Energia Elétrica – Causas e Impactos Principais. Centro de Estudos da Consultoria do Senado. Brasil., n. 1983-0645, p. 64, 2010.

ANEEL. Nota Técnica no 128/2009-SEM/ANEEL. p. 107, 2009.

ANEEL. Micro e minigeração distribuídos. Cadernos Temáticos ANEEL, v. 2, p. 34, 2016.

Aquila, G. et al. Wind power generation: An impact analysis of incentive strategies for cleaner energy provision in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, v. 137, p. 1100–1108, 20 nov. 2016.

Balarim, C. R. Avaliação Expedita do Custo de Implantação de Micro Centrais Hidrelétricas. 1996.

Bertrand, J. W. M.; Fransoo, J. C. Operations management research methodologies using quantitative modeling. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 22, n. 2, p. 241–264, 2002.

Bienes, M. D. E. 4.1. Energia Hidráulica. Atlas de energia elétrica do Brasil, v. 2, p. 71–94, 2003.

Borges Júnior, J. C. F. et al. Modelo computacional para suporte à decisão em áreas irrigadas. Parte I: Desenvolvimento e análise de sensibilidade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, n. 1, p. 3–11, fev. 2008.

COPASA. Saneamento - Tratamento e abastecimento de água. Programa Chuá - Educação Sanitária e Ambiental da Copasa, 2018.

Corrar, L. J.; Theóphilo, C. R. Pesquisa Operacional Para Decisão Em Contabilidade e Administração - Contabilometria. 2. ed. São Paulo, 2004.

EFEI. Estudo de Vida Útil Econômica e Taxa de Depreciação. ANEEL - Agencia Nacional de Energia Elétrica, v. 1/2, p. 363, 2000.

Fazenda. Taxa anual de depreciação. v. 39, n. 5, p. 561–563, 2019.

Filho, G. L. T. et al. Série Energias Renováveis: Hidraulica. 1. ed. Itajubá: MME e FAPEPE, 2007.

Filho, N. C.; Kopitke, B. H. Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. 9a edição. São Paulo: Atlas, 2000.

Fiscalização, T. D. E.; Tfsee, E. Submódulo 5.5. p. 1–9, 2015.

Gitman, L. J. Princípios de administração financeira. 10. ed. Sao Paulo, 2012.

Hirschfeld, H. Engenharia econômica e análise de custos: aplicações práticas para economistas, engenheiros, analistas de investimentos e administradores. 7. ed. Sao Paulo, 2009.

Metropolis, N.; Ulam, S. The Monte Carlo Method Author (s): Nicholas Metropolis and S . Ulam Source. *Journal of American Statistical Association*, v. 44, n. 247, p. 335–341, 2008.

Ministério De Minas E Energia. Boletim mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro - Junho / 2018. Ministerio de Minas e Energia, p. 26, 2018.

Mitroff, I. I., On Managing Science in the Systems Age: Two Schemas for the Study of Science as a Whole Systems Phenomenon. *Interfaces*, v. 4, No. 3, n. 00922102, p. 46–58, 1974.

Nardelli, P. M.; Macedo, M. A. Da S. Análise de um projeto agroindustrial utilizando a Teoria de Opções Reais: a opção de adiamento. *Rev. Econ. Sociol. Rural*, v. 49, n. 0103-2003, p. 941–966, 2011.

Pilão, N. E.; Hummel, P. R. V. Matemática financeira e engenharia econômica: a teoria e a prática da análise de projetos de investimentos. Sao Paulo, 2016.

ROBUS, C.; Gottumukkala, L.; Van Rensburg, E.; Görgens, J. Feasible process development and techno-economic evaluation of paper sludge to bioethanol conversion: South African paper mills scenario. *Renewable Energy*, 92, pp.333-345, 2016. *Renewable Energy*, v. 92, p. 333–345, 2016.

Sanches, A. L. et al. Análise de sensibilidade na avaliação de investimentos por “DOE” simulado. *Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia*, v. 6, p. 12, 2003.

Silva, R. M. Análise da viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia fotovoltaica em área fabril. p. 1–20, 2016.

Sosnoski, A. S. K. B. Produção de energia por mini e micro hidrelétricas na rede de distribuição de água. [s.l.] Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2015.

Turrioni, J. B.; Mello, C. H. P. Metodologia de pesquisa em engenharia de produção. Universidade Federal de Itajubá - UNIFEL,

p. 191, 2012.

ANEXO A – Fluxo de Caixa

Período	0	1	2	3	4
Receita Líquida de Vendas		R\$ 217.440,62	R\$ 222.876,63	R\$ 228.448,55	R\$ 234.159,76
- Despesas e Custos		-R\$ 17.395,25	-R\$ 17.830,13	-R\$ 18.275,88	-R\$ 18.732,78
Taxa ANEEL		-R\$ 1.087,20	-R\$ 1.114,38	-R\$ 1.142,24	-R\$ 1.170,80
Depreciação		R\$ 16.563,08	R\$ 16.563,08	R\$ 16.563,08	R\$ 16.563,08
Lucro Antes Tributos		R\$ 215.521,24	R\$ 205.046,50	R\$ 210.172,66	R\$ 215.426,98
- IRPJ		-R\$ 53.880,31	-R\$ 51.261,63	-R\$ 52.543,17	-R\$ 53.856,74
CSLL		-R\$ 19.396,91	-R\$ 18.454,19	-R\$ 18.915,54	-R\$ 19.388,43
Lucro Líquido		R\$ 142.244,02	R\$ 135.330,69	R\$ 138.713,96	R\$ 142.181,81
- Investimentos	-R\$ 165.630,80				
+ Valor Residual					
Fluxo de Caixa	-R\$ 165.630,80	R\$ 142.244,02	R\$ 135.330,69	R\$ 138.713,96	R\$ 142.181,81

Período	5	6	7	8	9
Receita Líquida de Vendas	R\$ 240.013,75	R\$ 246.014,10	R\$ 252.164,45	R\$ 258.468,56	R\$ 264.930,28
- Despesas e Custos	-R\$ 19.201,10	-R\$ 19.681,13	-R\$ 20.173,16	-R\$ 20.677,48	-R\$ 21.194,42
Taxa ANEEL	-R\$ 1.200,07	-R\$ 1.230,07	-R\$ 1.260,82	-R\$ 1.292,34	-R\$ 1.324,65
Depreciação	R\$ 16.563,08				
Lucro Antes Tributos	R\$ 220.812,65	R\$ 226.332,97	R\$ 231.991,29	R\$ 237.791,08	R\$ 243.735,85
- IRPJ	-R\$ 55.203,16	-R\$ 56.583,24	-R\$ 57.997,82	-R\$ 59.447,77	-R\$ 60.933,96
CSLL	-R\$ 19.873,14	-R\$ 20.369,97	-R\$ 20.879,22	-R\$ 21.401,20	-R\$ 21.936,23
Lucro Líquido	R\$ 145.736,35	R\$ 149.379,76	R\$ 153.114,25	R\$ 156.942,11	R\$ 160.865,66
- Investimentos					
+ Valor Residual					
Fluxo de Caixa	R\$ 145.736,35	R\$ 149.379,76	R\$ 153.114,25	R\$ 156.942,11	R\$ 160.865,66

Período	10	11	12	13	14
Receita Líquida de Vendas	R\$ 271.553,53	R\$ 278.342,37	R\$ 285.300,93	R\$ 292.433,45	R\$ 299.744,29
- Despesas e Custos	-R\$ 21.724,28	-R\$ 22.267,39	-R\$ 22.824,07	-R\$ 23.394,68	-R\$ 23.979,54
Taxa ANEEL	-R\$ 1.357,77	-R\$ 1.391,71	-R\$ 1.426,50	-R\$ 1.462,17	-R\$ 1.498,72
Depreciação	R\$ 16.563,08				
Lucro Antes Tributos	R\$ 249.829,25	R\$ 256.074,98	R\$ 262.476,86	R\$ 269.038,78	R\$ 275.764,75
- IRPJ	-R\$ 62.457,31	-R\$ 64.018,75	-R\$ 65.619,21	-R\$ 67.259,69	-R\$ 68.941,19
CSLL	-R\$ 22.484,63	-R\$ 23.046,75	-R\$ 23.622,92	-R\$ 24.213,49	-R\$ 24.818,83
Lucro Líquido	R\$ 164.887,30	R\$ 169.009,49	R\$ 173.234,72	R\$ 177.565,59	R\$ 182.004,73
- Investimentos					
+ Valor Residual					
Fluxo de Caixa	R\$ 164.887,30	R\$ 169.009,49	R\$ 173.234,72	R\$ 177.565,59	R\$ 182.004,73

Período	15	16	17	18	19
Receita Líquida de Vendas	R\$ 307.237,90	R\$ 314.918,84	R\$ 322.791,82	R\$ 330.861,61	R\$ 339.133,15
- Despesas e Custos	-R\$ 24.579,03	-R\$ 25.193,51	-R\$ 25.823,35	-R\$ 26.468,93	-R\$ 27.130,65
Taxa ANEEL	-R\$ 1.536,19	-R\$ 1.574,59	-R\$ 1.613,96	-R\$ 1.654,31	-R\$ 1.695,67
Depreciação					
Lucro Antes Tributos	R\$ 282.658,87	R\$ 289.725,34	R\$ 296.968,47	R\$ 304.392,68	R\$ 312.002,50
- IRPJ	-R\$ 70.664,72	-R\$ 72.431,33	-R\$ 74.242,12	-R\$ 76.098,17	-R\$ 78.000,62
CSLL	-R\$ 25.439,30	-R\$ 26.075,28	-R\$ 26.727,16	-R\$ 27.395,34	-R\$ 28.080,22
Lucro Líquido	R\$ 186.554,85	R\$ 191.218,72	R\$ 195.999,19	R\$ 200.899,17	R\$ 205.921,65
- Investimentos					
+ Valor Residual					
Fluxo de Caixa	R\$ 186.554,85	R\$ 191.218,72	R\$ 195.999,19	R\$ 200.899,17	R\$ 205.921,65

Período	20
Receita Líquida de Vendas	R\$ 347.611,48
- Despesas e Custos	-R\$ 27.808,92
Taxa ANEEL	-R\$ 1.738,06
Depreciação	
Lucro Antes Tributos	R\$ 319.802,56
- IRPJ	-R\$ 79.950,64
CSLL	-R\$ 28.782,23
Lucro Líquido	R\$ 211.069,69
- Investimentos	
+ Valor Residual	
Fluxo de Caixa	R\$ 227.632,77