

**Revista Eletrônica
Paulista de Matemática**

ISSN 2316-9664
Volume 17, fev. 2020
Edição Ermac

Gislaine Cristina Batistela

Câmpus Experimental de Itapeva
UNESP - Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
gislaine.batistela@unesp.br

Letícia Ayumi Sabbatino

Câmpus Experimental de Itapeva
UNESP - Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
leticia.sabbatino@unesp.br

Danilo Simões

Câmpus Experimental de Itapeva
UNESP - Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
danilo.simoess@unesp.br

Avaliação econômica de projeto: uma abordagem da lógica fuzzy para tomada de decisão

Economic project evaluation: a fuzzy logic approach to
decision making

Resumo

Devido às incertezas associadas aos fluxos de caixa dos projetos de ativos reais, os tomadores de decisão ou as partes interessadas são conduzidos a adotarem metodologias que possam mensurar os riscos econômicos. Deste modo, objetivou-se avaliar a viabilidade econômica de um projeto destinado à comercialização de componentes de iluminação, por meio do Valor Presente Líquido Fuzzy. Foi elaborado um modelo de engenharia econômica que contemplou os fluxos de caixa com incertezas associadas e, assim, com algumas variáveis de entrada transformadas em números fuzzy triangulares. Conseqüente, o resultado do Valor Presente Líquido foi um número fuzzy triangular. Para as condições analisadas, os resultados permitiram concluir que o projeto de investimento é inviável economicamente, pautado nos riscos econômicos do projeto.

Palavras-chave: Modelagem Matemática e Aplicações. Fluxo de Caixa. Incerteza. Valor Presente Líquido.

Abstract

Due to the uncertainties associated with cash flows of real asset projects, decision makers or stakeholders are led to adopt methodologies that can measure economic risks. Thus, aim was to evaluate the economic viability of a project destined at the commercialization of lighting components through the Fuzzy Net Present Value. An economic engineering model was elaborate that contemplated cash flows with associated uncertainties and, thus, with some input variables transformed into fuzzy triangular numbers. Therefore, the Net Present Value result was a fuzzy triangular number. For the conditions analyzed the results allowed to conclude that the investment project is economically unfeasible, based on the economic risks of the project.

Keywords: Mathematical Modeling and Applications. Cash Flow. Uncertainty. Net Present Value.

Independente do setor da economia, os projetos de investimentos possuem incertezas associadas, sobretudo à cronologia dos fluxos de caixa, ou melhor, a ocorrência das receitas ou benefícios gerados, e dos dispêndios operacionais de caixa de uma empresa, os quais são fundamentais para o princípio da economicidade de uma empresa. Ogata *et al* (2014) e Soares *et al* (2015) salientam que para uma tomada de decisão sobre aplicação de capital é necessário fazer uma análise de projetos de investimentos, a qual é uma técnica que tem por objetivo buscar identificar a alternativa mais vantajosa de retorno dentre as várias oportunidades de investimentos em que a empresa se depara por meio de critérios adequados.

Camargo (2007) complementa que, o propósito principal de uma empresa é a maximização da riqueza de seus proprietários e, para atingir este objetivo, é necessário que o gestor tome algumas decisões financeiras, como exemplo, a elaboração do fluxo de caixa. Nesta perspectiva, a elaboração do fluxo de caixa da empresa tem como premissa o relacionamento dos ingressos e saídas de recursos monetários da empresa em determinado horizonte temporal ou de projeção em que o projeto deverá produzir resultados econômicos. No entendimento de Corrêa, Kliemann Neto e Denicol (2016) o fluxo de caixa é uma ferramenta gerencial que tem o propósito de viabilizar a gestão e o controle das entradas e saídas de caixa de uma empresa e é utilizado para apoiar a tomada de decisões de curto, médio e longo prazo.

Todavia, a elaboração do fluxo de caixa não indica a quantidade de dinheiro que a empresa gerou, ou melhor, faz-se necessário a adoção de métricas de investimentos, dentre elas, o Valor Presente Líquido (VPL), que de acordo com Rodrigues *et al* (2007) e Simões, Cervi e Batistela (2018) é uma das técnicas mais sólidas e tradicionalmente adotada em avaliação econômica de projetos. Spadin (2008) define que fluxo de caixa é o movimento de todas as entradas e saídas de recursos financeiros do caixa, ou seja, das origens de caixa (fatores que aumentam o caixa da empresa) e das aplicações de caixa (reduzem o caixa da empresa).

De acordo com Antonik (2004) a realidade das empresas é bastante complexa, pois seu planejamento é feito com base em expectativas acerca do futuro em meio às incertezas e, à vista disso, a incorporação da variável incerteza na avaliação de projetos de investimentos faz-se necessária. Destarte, a lógica fuzzy tem a característica de quantificar as incertezas inerentes às variáveis de entrada demandadas para a análise de viabilidade econômica de projetos, fornecendo respostas mais realistas (BANHOLZER, 2005; JANÉ, 2003; OLIVEIRA, 2008) para o tomador de decisões.

Nesta perspectiva, a lógica fuzzy pode ser empregada como alternativa que leva em consideração as incertezas associadas aos projetos de investimentos em ativos reais, por ter capacidade de adaptação e a facilidade de interface com o ser humano. Isto posto, objetivou-se abordar a lógica fuzzy em uma situação empresarial real para avaliar a viabilidade econômica de um projeto de investimento sob condições de incerteza.

O presente artigo foi desenvolvido tomando-se como base o resumo de Batistela, Sabbatino e Simões (2019), publicado no Caderno de trabalhos completos e resumos do VI ERMAC - Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional, no ano de 2019. Neste artigo, foram inseridas seções que detalham os temas: análise de projetos de investimentos (subseção 2.2.1), lógica fuzzy (subseção 2.2.2) e Valor Presente Líquido Fuzzy (subseção 2.2.3). Na seção de resultados e discussões (Seção 3) foram acrescentadas duas tabelas e um gráfico. Por fim, as conclusões (Seção 4) foram complementadas e as referências bibliográficas (Seção 5) foram atualizadas.

1 Material e métodos

1.1 Material

Os dados obtidos para a formulação do fluxo de caixa são referentes a uma empresa de componentes de iluminação, localizada no Estado de São Paulo. Foi considerado como taxa de câmbio o preço da moeda estrangeira oficial do Banco Central do Brasil a preço de venda, medida em unidades e frações da moeda nacional, que era de R\$ 3,3182 em 15/12/2017 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2017).

As variáveis de entrada definidas para o fluxo de caixa do investimento em estudo foram: investimento inicial de US\$ 452,052.32; receita anual de US\$ 3,092,244.16; despesa anual de US\$ 962,546.49; depreciação anual de US\$ 67,807.85; imposto único de US\$ 138,153.06, amortização anual de US\$ 67,807.85 e benefício fiscal de US\$ 4.800,00 anuais. Ademais, os dados foram coletados no ano de 2017 e foi considerado um período de vida útil do projeto de investimento de 10 anos.

1.2 Métodos

1.2.1 Análise de projetos de investimentos

A análise de projetos de investimentos envolve um conjunto de técnicas que buscam estabelecer parâmetros de sua viabilidade (BRUNI; FAMÁ; SIQUEIRA, 1998) que auxiliam os gestores a tomarem as decisões corretas no início do investimento.

Destarte, a análise de investimentos em projetos se difere pelo fato de considerar o fator tempo explicitamente, pela inclusão da variação do valor do dinheiro no tempo e na formação dos fluxos de dinheiro envolvidos no projeto, ou seja, fluxo de caixa (MOREIRA *et al*, 2007). Para Iudícibus e Marion (1999), o fluxo de caixa revela a origem e o destino de todos os recursos financeiros que passaram pelo caixa da empresa.

Neste estudo, a avaliação econômica do projeto pautou-se no cálculo do VPL tradicional, que é obtido calculando-se o valor presente de uma série de fluxos de caixa com base em uma taxa de custo de oportunidade e subtraindo-se o investimento inicial, FC_0 (ASSAF NETO; LIMA, 2014; ASSIS, 2017). Para o cálculo do VPL tradicional foi utilizada a Equação 1.

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (1)$$

em que:

n é o número de períodos ou duração do projeto;

t é o período que os custos e as receitas ocorrem;

i é a taxa de juros (taxa de desconto), também definida como taxa de custo de oportunidade;

FC_t é o fluxo de caixa no período t .

Além disso, se o VPL for positivo, o projeto de investimento é viável economicamente, isto é, terá um retorno do capital investido com uma taxa maior do que a taxa de custo de oportunidade, porém, se o VPL for negativo, o investimento não é viável economicamente, ou seja, a taxa de retorno do capital investido é menor que a taxa de custo de oportunidade.

Segundo Schroeder *et al* (2005), as empresas podem se financiar por meio de capital de terceiros, capital próprio e de reinvestimento de lucros, retendo uma parcela ou o total dos dividendos devido aos acionistas (retenção de lucros), sendo que cada uma destas fontes de financiamento tem um

custo específico para a empresa, conhecido como o custo de capital, o qual reflete as expectativas de retorno de longo prazo dos financiadores.

Em termos econômicos, o custo de capital da empresa é um custo de oportunidade apropriado para a avaliação de projetos de investimento da empresa (ASSAF NETO, 2003). Ainda segundo o autor, o custo de oportunidade referenciado no custo de capital da empresa pode servir como determinante na aceitação ou não de novos projetos de investimento, adicionando também valor à empresa.

Um critério importante de custo de capital e que pode ser utilizado como taxa de custo de oportunidade é o Custo Médio Ponderado de Capital (CMPC), que reflete a política global de utilização de diferentes capitais no financiamento da empresa (SCHROEDER *et al*, 2005). O CMPC foi calculado conforme Ross *et al* (2015) e expresso na Equação 2.

$$CMPC = k_S \left(\frac{S}{S+B} \right) + k_B (1-T) \left(\frac{B}{S+B} \right) \quad (2)$$

em que:

k_S é o custo de capital próprio;

k_B é o custo de capital de terceiros;

T é a alíquota de imposto de renda da empresa mais a contribuição social sobre o lucro líquido;

S é o montante de capital próprio;

B é o montante de capital de terceiros.

Em concordância com Assaf Neto, Lima e Araújo (2008), o custo de capital próprio não é um valor obtido diretamente, é necessário fazer o uso do Modelo de Precificação de Bens de Capital (*CAPM*). Assim, a equação do *CAPM* para cálculo do custo de capital próprio (k_S) é caracterizada na Equação 3.

$$k_S = r_f + \beta_S (r_m - r_f) + \alpha_{BR} \quad (3)$$

em que:

r_f é a taxa de retorno de um ativo livre de risco;

β_S é o coeficiente de risco sistemático do ativo;

r_m é a taxa de retorno prevista para a carteira de mercado;

$(r_m - r_f)$ é o ágio pelo risco de mercado;

α_{BR} é o prêmio de risco do país.

1.2.2 Lógica fuzzy

Os princípios de lógica fuzzy foram desenvolvidos primeiramente por Jan Lukasiewicz, que em 1920 introduziu conjuntos com grau de pertinência que combinados aos conceitos da lógica clássica, desenvolvida por Aristóteles, deu embasamento suficiente para que em 1965, o matemático Lotfi Asker Zadeh introduzisse a Teoria dos Conjuntos Fuzzy, com a finalidade de proporcionar uma titulação matemática a certos vocábulos linguísticos como “*em torno de*”, “*aproximadamente*”, entre outros (BARROS; BASSANEZI, 2015).

A teoria dos conjuntos fuzzy é baseada no fato que os conjuntos existentes no mundo real não possuem limites precisos, o que implica em existência de imprecisão, incerteza e definições qualitativas. Quer dizer, em problemas reais muitos números são idealizações de informações imprecisas, envolvendo valores numéricos, os quais caracterizam frases como “*em torno de*” e “*aproximadamente*”.

A lógica clássica (crisp) admite apenas dois valores (0 ou 1) a cada elemento do conjunto universo (sim ou não, verdadeiro ou falso), enquanto que, na lógica fuzzy a transição entre os

extremos acontece de forma gradual, associando valores de um conjunto não contável, entre 0 e 1, aos elementos do conjunto universo.

Conforme Barros e Bassanezi (2015), um subconjunto fuzzy A é composto de elementos x de um conjunto universo U , que possuem um valor de pertinência em A , e é caracterizado por um função $\varphi_A : U \rightarrow [0, 1]$, pré-fixada, chamada função de pertinência do subconjunto A .

Assim, a função de pertinência, φ_A , indica o quanto determinado elemento pertence ao conjunto fuzzy A , ou seja, essa função representa o grau de pertinência do elemento ao conjunto fuzzy A , que varia entre 0 e 1, sendo que 0 indica ausência e 1 pertinência total do elemento no conjunto fuzzy A (PEIXOTO, 2005).

Por conseguinte, para definir um número fuzzy, é necessário apresentar alguns conceitos como o de α -nível de um conjunto fuzzy A e de conjunto suporte.

Barros e Bassanezi (2015) definem que o α -nível de um conjunto fuzzy A , denotado por $[A]^\alpha$, inclui os elementos que tem valor para a função de pertinência igual ou superior à α , com $\alpha \in [0, 1]$, ou seja, o α -nível de A é o subconjunto clássico U definido na Equação 4. Em termos práticos, o α -nível nada mais é do que os infinitos valores que uma função de pertinência pode assumir dentro do intervalo $[0, 1]$ (OLIVEIRA, 2008).

$$[A]^\alpha = \{x \in U \mid \varphi_A(x) \geq \alpha\} \quad \text{para } 0 < \alpha \leq 1. \quad (4)$$

Para Peixoto (2005), o suporte de um conjunto fuzzy A , denotado por $suppA$, são todos os elementos de U que têm um grau de pertinência maior que zero em A , conforme expresso na Equação 5.

$$suppA = \{x \in U \mid \varphi_A(x) > 0\}. \quad (5)$$

Desta forma, em concordância à Barros e Bassanezi (2015), um subconjunto fuzzy A é chamado de número fuzzy quando o conjunto universo no qual φ_A está definida, é o conjunto dos números reais \mathbb{R} e satisfaz às condições a seguir.

- i) todos os α -níveis de A são não vazios, com $0 \leq \alpha \leq 1$;
- ii) todos os α -níveis de A são intervalos fechados de \mathbb{R} ;
- iii) o suporte de A é limitado.

À vista disso, os números fuzzy representam os parâmetros incertos, de difícil mensuração, que segundo Sanches (2004) são uma faixa de números possíveis e não um valor absoluto. Ou seja, os números fuzzy são subconjuntos dos números reais com um valor incerto relacionado ao grau de pertinência que expressa o quanto é verdadeira a informação, transmitindo a ideia do quanto pertencem ou não ao conjunto fuzzy de interesse (JANÉ; MONTEVECHI, 2004).

Os números fuzzy mais comuns são os triangulares, trapezoidais e em forma de sino (BARROS; BASSANEZI, 2015), contudo, neste estudo foi empregado somente o número fuzzy triangular, visto que os parâmetros que compõe um fluxo de caixa são incertos e de difícil mensuração, convém utilizar os números fuzzy com formatos mais simples como os triangulares (OLIVEIRA, 2008). A função de pertinência do número fuzzy triangular é expressa na Equação 6.

$$\varphi_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{se } x \leq a \\ \frac{x-a}{u-a}, & \text{se } a < x \leq u \\ \frac{x-b}{u-b}, & \text{se } u < x \leq b \\ 0, & \text{se } x \geq b \end{cases} \quad (6)$$

O gráfico da função de pertinência do número fuzzy triangular tem a forma de um triângulo (Figura 1), tendo como base o intervalo $[a, b]$ e, como único vértice fora desta base, o ponto $(u, 1)$, que é o pico deste número. Assim, os números reais a, u e b definem o número fuzzy triangular A que é denotado por $(a; u; b)$ (BARROS; BASSANEZI, 2015).

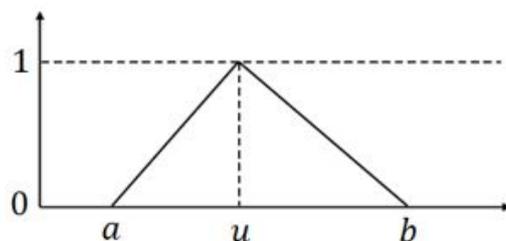


Figura 1: Número fuzzy triangular

Além disso, o α -nível do números fuzzy triangular é representado de forma simplificada, conforme Equação 7.

$$[A]^\alpha = \left[A^{l(\alpha)}, A^{r(\alpha)} \right] = [(u - a)\alpha + a, (u - b)\alpha + b], \quad \forall \alpha \in [0, 1] \quad (7)$$

em que $l(\alpha)$ é função inversa do segmento de reta à esquerda do número fuzzy triangular e $r(\alpha)$ é a função inversa que representa o segmento da direita do número fuzzy triangular (BANHOLZER, 2005).

1.2.3 Valor presente líquido fuzzy

O cálculo do VPL por meio da lógica fuzzy tem o intuito de incorporar as incertezas presentes na avaliação de um projeto de investimento. Destarte, o fluxo de caixa no momento t foi modelado pelo número fuzzy triangular denotado por $FC_t = (FC_{t1}; FC_{t2}; FC_{t3})$ que, em cada α -nível, pode ser indicado por suas representações esquerda e direita (Equação 7), conforme a Equação 8.

$$FC_t = \left[FC_t^{l(\alpha)}; FC_t^{r(\alpha)} \right] = [(FC_{t2} - FC_{t1})\alpha + FC_{t1}, (FC_{t2} - FC_{t3})\alpha + FC_{t3}], \quad \forall \alpha \in [0, 1] \quad (8)$$

sendo que FC_t pode ser desembolso ($FC_t < 0$) ou recebimento ($FC_t > 0$).

Da mesma forma, a taxa de custo de oportunidade do investimento $(i_t) = (i_{t1}; i_{t2}; i_{t3})$ também foi modelada como um número fuzzy triangular, como pode ser visto na Equação 9.

$$i_t = \left[i_t^{l(\alpha)}; i_t^{r(\alpha)} \right] = [(i_{t2} - i_{t1})\alpha + i_{t1}, (i_{t2} - i_{t3})\alpha + i_{t3}], \quad \forall \alpha \in [0, 1] \quad (9)$$

Assim, fundamentando-se na Equação 1, o Valor Presente Líquido Fuzzy (VPL_F) é definido na Equação 10.

$$VPL_F = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{\prod_{t'=0}^t (1 + i_{t'})} \quad (10)$$

Isto posto, conforme Chiu e Park (1994), obtida a representação fuzzy para os elementos do fluxo de caixa, calculou-se o VPL_F por meio do cálculo do lado esquerdo da função $(VPL_F^{l(\alpha)})$, a qual representa os piores resultados possíveis para o projeto de investimento em análise e, posteriormente,

o lado direito ($VPL_F^{r(\alpha)}$), que corresponde aos melhores resultados para o projeto de investimento, expresso na Equação 11.

$$VPL_F = [VPL_F^{l(\alpha)}; VPL_F^{r(\alpha)}] \quad (11)$$

Para o cálculo da função $VPL_F^{l(\alpha)}$ é necessário considerar duas situações possíveis para os fluxos de caixa, descritas em (I) e (II).

(I) Para $FC_t^{l(\alpha)} > 0$ em n períodos

$$\begin{aligned} VPL_F^{l(\alpha)} &= FC_0^{l(\alpha)} + \frac{FC_1^{l(\alpha)}}{(1+i_1^{r(\alpha)})} + \frac{FC_2^{l(\alpha)}}{(1+i_2^{r(\alpha)})} + \dots + \frac{FC_n^{l(\alpha)}}{(1+i_n^{r(\alpha)})} \\ VPL_F^{l(\alpha)} &= \sum_{t=0}^n \left(\frac{FC_t^{l(\alpha)}}{\prod_{t'=0}^t (1+i_{t'}^{r(\alpha)})} \right), \text{ com } i_0^{r(\alpha)} = 0. \end{aligned} \quad (12)$$

(II) Para $FC_t^{l(\alpha)} < 0$ em n períodos

$$\begin{aligned} VPL_F^{l(\alpha)} &= FC_0^{l(\alpha)} + \frac{FC_1^{l(\alpha)}}{(1+i_1^{l(\alpha)})} + \frac{FC_2^{l(\alpha)}}{(1+i_2^{l(\alpha)})} + \dots + \frac{FC_n^{l(\alpha)}}{(1+i_n^{l(\alpha)})} \\ VPL_F^{l(\alpha)} &= \sum_{t=0}^n \left(\frac{FC_t^{l(\alpha)}}{\prod_{t'=0}^t (1+i_{t'}^{l(\alpha)})} \right), \text{ com } i_0^{l(\alpha)} = 0. \end{aligned} \quad (13)$$

Representando (I) e (II) na mesma função, obtêm-se $VPL_F^{l(\alpha)}$ (Equação 14).

$$VPL_F^{l(\alpha)} = \sum_{t=0}^n \left(\frac{\max(FC_t^{l(\alpha)}, 0)}{\prod_{t'=0}^t (1+i_{t'}^{r(\alpha)})} + \frac{\min(FC_t^{l(\alpha)}, 0)}{\prod_{t'=0}^t (1+i_{t'}^{l(\alpha)})} \right) \quad (14)$$

Por outro lado, o intuito do $VPL_F^{r(\alpha)}$ é representar as possíveis combinações das funções fuzzy de FC_t e i_t , por meio de dois possíveis cenários especificados em (III) e (IV).

(III) Para $FC_t^{r(\alpha)} > 0$ em n períodos

$$\begin{aligned}
 VPL_F^{r(\alpha)} &= FC_0^{r(\alpha)} + \frac{FC_1^{r(\alpha)}}{(1+i_1^l(\alpha))} + \frac{FC_2^{r(\alpha)}}{(1+i_2^l(\alpha))} + \dots + \frac{FC_n^{r(\alpha)}}{(1+i_n^l(\alpha))} \\
 VPL_F^{r(\alpha)} &= \sum_{t=0}^n \left(\frac{FC_t^{r(\alpha)}}{\prod_{t'=0}^t (1+i_{t'}^l(\alpha))} \right), \text{ com } i_0^r(\alpha) = 0.
 \end{aligned} \tag{15}$$

(IV) Para $FC_t^{r(\alpha)} < 0$ em n períodos

$$\begin{aligned}
 VPL_F^{r(\alpha)} &= FC_0^{r(\alpha)} + \frac{FC_1^{r(\alpha)}}{(1+i_1^r(\alpha))} + \frac{FC_2^{r(\alpha)}}{(1+i_2^r(\alpha))} + \dots + \frac{FC_n^{r(\alpha)}}{(1+i_n^r(\alpha))} \\
 VPL_F^{r(\alpha)} &= \sum_{t=0}^n \left(\frac{FC_t^{r(\alpha)}}{\prod_{t'=0}^t (1+i_{t'}^r(\alpha))} \right), \text{ com } i_0^r(\alpha) = 0.
 \end{aligned} \tag{16}$$

Assim, o $VPL_F^{r(\alpha)}$ é caracterizado pela união de (III) e (IV) na mesma função (Equação 17).

$$VPL_F^{r(\alpha)} = \sum_{t=0}^n \left(\frac{\max\left(FC_t^{r(\alpha)}, 0\right)}{\prod_{t'=0}^t (1+i_{t'}^l(\alpha))} + \frac{\min\left(FC_t^{r(\alpha)}, 0\right)}{\prod_{t'=0}^t (1+i_{t'}^r(\alpha))} \right) \tag{17}$$

Por meio da combinação entre as funções $VPL_F^{l(\alpha)}$ e $VPL_F^{r(\alpha)}$ no intervalo de pertinência de 0 a 1, obtém-se VPL_F , conforme expresso na Equação 18.

$$VPL_F = \left[\sum_{t=0}^n \left(\frac{\max\left(FC_t^{l(\alpha)}, 0\right)}{\prod_{t'=0}^t (1+i_{t'}^r(\alpha))} + \frac{\min\left(FC_t^{l(\alpha)}, 0\right)}{\prod_{t'=0}^t (1+i_{t'}^l(\alpha))} \right); \sum_{t=0}^n \left(\frac{\max\left(FC_t^{r(\alpha)}, 0\right)}{\prod_{t'=0}^t (1+i_{t'}^l(\alpha))} + \frac{\min\left(FC_t^{r(\alpha)}, 0\right)}{\prod_{t'=0}^t (1+i_{t'}^r(\alpha))} \right) \right] \tag{18}$$

2 Resultados e discussões

Para a construção do fluxo de caixa da empresa de componentes de iluminação utilizou-se o CMPC como taxa de custo de oportunidade. Desta forma, para o cálculo do CAPM, empregado no cálculo do CMPC (Equação 2), foi utilizada a taxa de retorno de um ativo livre de risco (r_f) de 2,92%, o coeficiente de risco sistemático (β_S) para eletrônicos em geral de 0,94, a taxa de risco de mercado (r_m) de 9,29% e o prêmio de risco do país (α_{BR}) de 2,62%.

Por conseguinte, com o cálculo do CAPM, foi possível obter um valor para o custo de capital próprio (k_s) de 11,53%, conforme a Equação 3. Sendo, então, factível o cálculo do CMPC, cujos valores utilizados foram de 8% para o custo de capital de terceiros (k_B), 34% para a alíquota de imposto de renda da empresa (T), 80% de participação do capital próprio (S) e 20% de participação do capital de terceiros (B), chegando-se por fim ao valor de 12,89% para o CMPC. Consequentemente, foi calculado o VPL de acordo com a Equação 1.

Como ponto de partida para o desenvolvimento da metodologia fuzzy (VPL_F) foi realizada a fuzzificação de algumas variáveis de entrada do fluxo de caixa, posto que este procedimento torna estas variáveis, que são reais, em números fuzzy (OLIVEIRA, 2008). Complementando, Oliveira Júnior (2007) relatam que a fuzzificação é feita para incorporar percepções a elementos ordinários, sendo realizada por meio de funções de pertinência que modelam a análise. Nesta etapa, todas as informações relativas à imprecisão ou incertezas associadas foram consideradas.

Assim, para a fuzzificação foram selecionadas as variáveis de entrada receita anual e custo anual (expressos em dólar), por serem as variáveis que geralmente mais influenciam no fluxo de caixa e também por serem as mais voláteis, necessitando da incorporação da incerteza em seus cálculos.

Com a fuzzificação, as variáveis foram transformadas em números fuzzy triangulares, com incerteza estabelecida em $\pm 15\%$ dos valores determinísticos. As incertezas utilizadas foram baseadas em opiniões de especialistas da área de Engenharia Econômica e todos os cálculos foram realizados em planilha eletrônica.

Na Tabela 1 apresentam-se os α -níveis dos números fuzzy triangulares (Equação 7) com as respectivas representações à direita, $l(\alpha)$, e à esquerda, $r(\alpha)$, das variáveis de entrada do fluxo caixa, utilizados para o cálculo do indicador fuzzy.

Tabela 1: Fuzzificação das variáveis de entrada do fluxo de caixa.

Variável de entrada	$l(\alpha)$	$r(\alpha)$
Receita anual	$463,836.62 \times \alpha + 2,628,407.54$	$-463,836.62 \times \alpha + 3,556,080.78$
Custo anual	$398,467.72 \times \alpha - 3,054,919.17$	$-398,467.72 \times \alpha - 2,257,983.73$

Para o cálculo do VPL_F utilizou-se a fórmula apresentada na Equação 18, sendo que para os fluxos de caixa foram consideradas as entradas previamente fuzzificadas mostradas na Tabela 1.

Considerando $\alpha = 0$ e $\alpha = 1$ nas funções $VPL_F^{l(\alpha)}$ e $VPL_F^{r(\alpha)}$ (Equações 14 e 17), obtiveram-se os resultados dos valores mais possível, mínimo e máximo do VPL_F para o projeto de investimento em ativos reais em estudo (Tabela 2). Observou-se que o pior resultado possível do VPL_F para este projeto de investimento foi de -US\$ 6,335,392.27, o qual foi obtido pelo valor de $\alpha = 0$ na função $VPL_F^{l(\alpha)}$. Em seguida, estabeleceu-se $\alpha = 0$ na função $VPL_F^{r(\alpha)}$, e obteve-se o valor que representa o melhor resultado possível para o projeto de investimento, o qual foi de -US\$ 1,714,831.33. Ponderando $\alpha = 1$ nas funções $VPL_F^{l(\alpha)}$ e $VPL_F^{r(\alpha)}$ encontrou-se o valor do VPL_F mais provável, que foi de -US\$ 4,049,755.27.

Tabela 2: Resultados do VPL_F .

VPL_F mínimo	VPL_F mais provável	VPL_F máximo
-US\$ 6,335,392.27	-US\$ 4,049,755.27	-US\$ 1,714,831.33

Portanto, o Valor Presente Líquido Fuzzy do projeto de investimento da empresa de componentes de iluminação pode ser representado na forma vetorial do número fuzzy triangular, denotado por $VPL_F = (-6,335,392.27; -4,049,755.27; -1,714,831.33)$ e na forma gráfica, como pode ser

visualizado na Figura 2. Logo, os cálculos de métricas de investimentos por meio da abordagem Fuzzy incorporam as incertezas associadas ao fluxo de caixa, auxiliando o gestor na tomada de decisão.

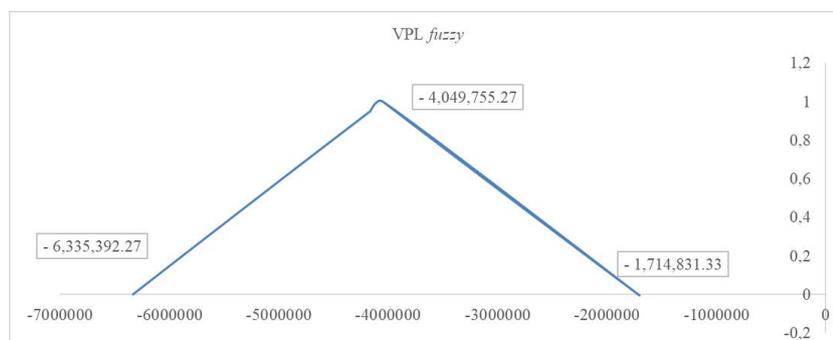


Figura 2: Representação gráfica do VPL_F .

3 Conclusões

Em um processo decisório de um investimento existe um grau de incerteza associado ao fato de as variáveis do processo dependerem tanto de fatores da própria empresa quanto de fatores externos, os quais nem sempre são controláveis.

Considerando este fato, as métricas tradicionais de avaliação econômica de projetos podem gerar uma falsa segurança para o gestor, fazendo-se necessárias metodologias alternativas que ponderem a variável incerteza em seus cálculos.

Com o auxílio da lógica fuzzy, foi possível averiguar que até mesmo em um cenário otimista, ou seja, o valor máximo obtido para o Valor Presente Líquido Fuzzy foi negativo, concluindo que este projeto de investimento é inviável economicamente.

O cálculo do VPL por meio da lógica fuzzy se apresentou satisfatório por considerarem em seus cálculos o risco eminente no investimento da empresa de componentes de iluminação, demonstrando a importância desta metodologia para se obter resultados mais realistas e, assim, auxiliar os gestores na tomada de decisão.

4 Referências Bibliográficas

ANTONIK, L. R. Análise de projetos de investimento sob condições de risco. **Revista da FAE**, v. 7, n. 1, p. 67-76, 2004.

ASSAF NETO, A. **Contribuição ao estudo da avaliação de empresas no Brasil: uma aplicação prática**. 2003. 202 f. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2003.

ASSAF NETO, A.; LIMA, F. G. **Curso de administração financeira**. 3. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2014.

ASSAF NETO, A.; LIMA, F. G.; ARAÚJO, A. M. P. Uma proposta metodológica para o cálculo do custo de capital no Brasil. **Revista de Administração**, v. 43, n. 1, p. 72-83, 2008.

BATISTELA, G. C.; SABBATINO, L. A.; SIMÕES, D. Avaliação econômica de projeto: uma abordagem da lógica fuzzy para tomada de decisão. **C.Q.D. – Revista Eletrônica Paulista de Matemática**, Bauru, v. 17, p. 255-266, fev. 2020. Edição Ermac.

DOI: 10.21167/cqdvoll7ermac202023169664gcblasds255266 Disponível em: www.fc.unesp.br/departamentos/matematica/revista-cqd/



- ASSIS, R. K. M. **Avaliação econômica de concessões rodoviárias no estado de São Paulo utilizando os custos operacionais decorrentes da condição do pavimento.** 2017. 129 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Conversão de moedas.** Brasília, DF: BC, 2017. Disponível em: <http://www4.bcb.gov.br/pec/conversao/conversao.asp>. Acesso em: 21 jun. 2018.
- BANHOLZER, I. E. G. **Proposta de interpretação para a taxa interna de retorno através de cálculo fuzzy.** 2005. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2005.
- BARROS, L. C.; BASSANEZI, R. C. **Tópicos de lógica fuzzy e biomatemática.** 3. ed. Campinas: UNICAMP/IMECC, 2015.
- BATISTELA, G. C.; SABBATINO, L. A.; SIMÕES, D. Lógica fuzzy aplicada na avaliação financeira de projetos de investimentos. *In: ENCONTRO REGIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL*, 6., 2019, Bauru. **Caderno de trabalhos completos e resumos [...]** Bauru: Unesp, Faculdade de Ciências, 2019, p. 464-465. Disponível em: <https://www.fc.unesp.br/#!/departamentos/matematica/eventos2341/ermac-2019/caderno-de-trabalhos-e-resumos/>. Acesso em: 15 set. 2019.
- BRUNI, A. L.; FAMÁ, R.; SIQUEIRA, J. O. Análise do risco na avaliação de projetos de investimento: uma aplicação do método de Monte Carlo. **Caderno de Pesquisas em Administração**, v. 1, n. 6, p. 62-75, 1998.
- CAMARGO, C. **Análise de investimentos e demonstrativos financeiros.** Curitiba: Ibplex, 2007.
- CHIU, C. -Y.; PARK, C. S. Fuzzy cash flow analysis using present worth criterion. **The Engineering Economist**, v. 39, n. 2, p. 113-137, 1994.
- CORRÊA, R. G. F.; KLIEMANN NETO, F. J.; DENICOL, J. Revisão de proposições para a gestão econômico-financeira de sistemas produtivos agropecuários: a inter-relação entre fluxo de caixa, sistemas de custos e recursos compartilhados. **Custos e Agronegócio Online**, v. 12, n. 1, p. 113-141, 2016.
- IUDICIBUS, S.; MARION, J. C. **Introdução à teoria da contabilidade:** para o nível de graduação. São Paulo: Atlas, 1999.
- JANÉ, D. A. **A simulação de Monte Carlo e a lógica fuzzy na análise econômico/financeira de investimentos sob condições de risco.** 2003. 157 f. Dissertação (Mestrado em Ciência em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2003.
- JANÉ, D. A.; MONTEVECHI, J. A. B. Análise econômico/financeira de investimentos através da simulação de Monte Carlo. **RETEC - Revista de Tecnologias**, v. 1, n. 1, p. 53-60, 2004.
- MOREIRA, R. C. *et al.* Viabilidade econômica da agroindústria familiar rural de frutas na zona da mata mineira. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 5, n. 2, p. 187-206, 2007.
- OGATA, C. R. D. *et al.* Projeto de investimento para automação no Brasil: uma análise com a



utilização da metodologia multi-índices e da simulação de Monte Carlo. **Espacios**, v. 35, n. 5, p. 18-32, 2014.

OLIVEIRA JÚNIOR, H. A. (coord.). **Inteligência computacional aplicada à administração, economia e engenharia em Matlab**. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

OLIVEIRA, M. H. F. **A avaliação econômico-financeira de investimentos sob condição de incerteza**: uma comparação entre o método de Monte Carlo e o VPL Fuzzy. 2008. 209 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

PEIXOTO, M. S. **Sistemas dinâmicos e controladores fuzzy**: um estudo da dispersão da morte súbita dos citros em São Paulo. 2005. 189 f. Tese (Doutorado em Matemática Aplicada) - Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

RODRIGUES, E. R. *et al.* Avaliação econômica de sistemas agroflorestais implantados para recuperação de reserva legal no pontal do Paranapanema, São Paulo. **Revista Árvore**, v. 31, n. 5, p. 941-948, 2007.

ROSS, S. A. *et al.* **Administração financeira**: versão brasileira de Corporate Finance. 10. ed. Porto Alegre: AMGH, 2015.

SANCHES, A. L. **Avaliação econômica de projetos de investimento em condições de incerteza utilizando números triangulares fuzzy**: uma aplicação na área de mineração. 2004. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2004.

SCHROEDER, J. T. *et al.* O custo de capital como taxa mínima de atratividade na avaliação de projetos de investimento. **Revista Gestão Industrial**, v. 1, n. 2, p. 33-42, jan. 2005.

SIMÕES, D.; CERVI, R. G.; BATISTELA, G. C. Quantitative analysis of the economic risk of sugarcane cultivation for bioethanol production: a case study in Brazil. **BioResources**, v. 13, n. 3, p. 6497-6509, 2018.

SOARES, I. *et al.* **Decisões de investimento**: análise financeira de projetos. 4. ed. Lisboa: Sílabo, 2015.

SPADIN, C. E. A importância da demonstração dos fluxos de caixa enquanto instrumento gerencial para a tomada de decisão. **Revista de Ciências Gerenciais**, v. 12, n. 14, p. 167-177, 2008.