



AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS SOB CONDIÇÃO DE INCERTEZA: UM ESTUDO DE CASO APLICANDO O VPL FUZZY

Mário Henrique da Fonseca Oliveira (USP) -mariohfo@hotmail.com

Daisy Aparecida do Nascimento Rebelatto (USP) -daisy@sc.usp.br

Resumo:

Os métodos determinísticos utilizados para avaliação econômico-financeira de projetos de investimentos, como o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR), contemplam exatidão do comportamento futuro das variáveis inerentes ao projeto. Porém, as imprevisibilidades futuras acrescidas da alta volatilidade da economia e tecnologia mundial tornam as análises determinísticas frágeis em situações onde existam incertezas. O Valor Presente Líquido Fuzzy constitui-se em um método alternativo para análise, o qual considera as variáveis incertas como números nebulosos, ou seja, concepções matemáticas que não apresentam fronteiras rígidas. Por meio da aplicação do método em uma situação real de investimento, buscou-se realizar uma análise da real chance de sucesso de um projeto de criação de uma empresa.

Palavras Chave:

Valor Presente Líquido Fuzzy, Incerteza, Análise de Investimentos.

1.Introdução

As avaliações econômico-financeiras dos investimentos contribuem diretamente para a tomada de decisão de gestores e investidores. Para que seja possível realizar uma avaliação concisa de um projeto de investimento, é necessário entender expectativas futuras do projeto. No entanto, mensurá-las não é uma tarefa simples; existem dificuldades na previsão do comportamento de variáveis, como a variabilidade tecnológica, modificações na preferência do consumidor, incertezas em função da legislação, flutuação de preços e câmbio, entre outras, fazendo com que em muitas vezes o que fora previsto no início de um projeto não se concretize (PAMPLONA e MONTEVECHI, 2006).

A incerteza, definida como dúvidas sobre eventos futuros que independem da ação presente (VON ALTROCK, 1995), é bastante aplicável às relações da economia e a avaliação de investimentos. Embora a grande maioria dos projetos de investimento apresente incerteza,



métodos determinísticos utilizados à análise econômico-financeira como o VPL, a TIR e o *Payback*, não a contemplam.

Como alternativa para avaliação da incerteza em investimentos, o método de Monte Carlo é comumente utilizado. Tal método tem como princípio a geração de valores aleatórios para simular a variabilidade (diversos cenários) em um investimento. Esta variabilidade normalmente é baseada no comportamento estatístico passado de variáveis chaves do projeto, como custo fixo ou demanda.

A lógica *Fuzzy* é conhecida por permitir aplicações factíveis em situações incertas de difícil mensuração, permitindo manipular informações que se encontram desestruturadas e imprecisas em valores numéricos (GONÇALVES NETO et al, 2012). Por não apresentar caráter estatístico, pode ser muito útil em situações onde não existem dados passados sobre variáveis do projeto, situação muitas vezes comum que dificulta o uso do método de Monte Carlo.

Este trabalho tem dois objetivos principais: **o primeiro é a apresentação e discussão em detalhes de estudo de caso onde é aplicado o Valor Presente Líquido *Fuzzy* (VPL *Fuzzy*) em um investimento em situação de incerteza**, os conceitos utilizados são baseados nos trabalhos apresentados de Gutierrez (1989), Chiu e Park (1994) e Omitaou e Badiru (2007).

O segundo objetivo central é propor o coeficiente de incerteza léxica, índice para comparação entre diferentes investimentos em situação de incerteza, situação de difícil mensuração não discutida em trabalhos anteriores referentes ao VPL *Fuzzy*.

2. Os números *Fuzzy*

O surgimento da lógica *Fuzzy* é associado ao professor Loft A. Zadeh, da Universidade de Berkley na Califórnia, com o artigo *Fuzzy Sets* (ZADEH, 1965). Ele observava que os recursos tecnológicos disponíveis eram incapazes de automatizar problemas de natureza industrial que compreendessem situações ambíguas, não passíveis de processamento por meio da lógica computacional (ou booleana).

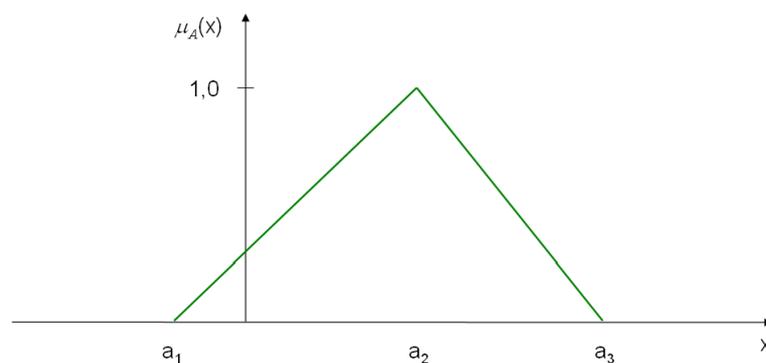
A lógica booleana constitui-se na estruturação da lógica clássica proposta por Aristóteles, baseada no princípio da bivalência, o qual permeia o pensamento ocidental. Espera-se sempre que uma afirmação seja verdadeira ou falsa, branco ou preto, um ou zero. Nada está entre ambas e o meio está excluído.

Na lógica *Fuzzy* existe a possibilidade dos termos pertencerem parcialmente ao conjunto A , ou seja, um termo qualquer x pode ter uma *Função Pertinência* ou *Membership* que assume qualquer valor no intervalo $[0,1]$. Este princípio é intitulado multivalência. A teoria dos conjuntos *Fuzzy* é baseada no fato de que os conjuntos existentes no mundo real não possuem limites precisos.

Assim, um número *Fuzzy* pode apresentar um agrupamento impreciso e indefinido, cuja transição da não-pertinência para a pertinência é gradual. A característica *Fuzzy* implica na existência de incerteza e definições qualitativas. A incerteza de um elemento, isso é, seus graus fracionários de pertinência, pode ser concebida por uma *medida de possibilidade*, ou seja, a *possibilidade* de que um elemento seja membro de um conjunto (SHAW E SIMÕES, 1999).

Na engenharia, os números *Fuzzy* são usualmente aplicados em função do formato de funções de pertinência para representar conceitos ou eventos diversos. Existem números *Fuzzy* com formatos variados, no entanto este trabalho concentra-se nos números de tipo triangular, mais adequados a aplicação proposta (CHIU e PARK 1994; SANCHEZ, 2003). A Figura 1 apresenta um exemplo:

Figura 1 – Número triangular *Fuzzy*



Fonte: Adaptado de Sanchez (2003).

Na Figura 1 o valor a_2 apresenta pertinência máxima ($\mu_A = 1$), ou seja, trata-se do valor com maior intensidade. Por exemplo, se este número ilustrasse uma variação cambial, a_2 seria o valor mais possível enquanto a_1 e a_3 seriam valores com fraca intensidade, ou seja, pouco possíveis na realidade em avaliação.

Um número triangular *Fuzzy* é constituído por dois segmentos de reta, o que faz com que sua função pertinência seja representada pela Expressão 1:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x > a_3 \end{cases} \quad [1]$$

A Expressão 2 apresenta a representação matemática simples dos números triangulares *Fuzzy*.

$$A = (a_1, a_2, a_3) \quad [2]$$

Além deste tipo de representação, a denominação α -cut também é muito utilizada, representando um número *Fuzzy* em função de sua pertinência. Em termos práticos, o α -cut representa os valores que uma função de pertinência pode assumir dentro do intervalo [0,1]. Em que, $l(\alpha)$ é função inversa do seguimento de reta à esquerda do referido número *Fuzzy* e $r(\alpha)$ é função inversa que representa o seguimento da direita (BANHOLZER, 2005), conforme a Expressão 3:

$$\forall \alpha \in [0,1] \quad [3]$$

$$A = [a^{l(\alpha)}, a^{r(\alpha)}] = [(a_2 - a_1) \times \alpha + a_1, -(a_3 - a_2) \times \alpha + a_3]$$

Com base nos números triangulares, é possível realizar todas as operações matemáticas para realização de cálculos nas análises de investimentos. A Tabela 1 apresenta as operações matemáticas entre dois números *Fuzzy* A e B.

Tabela 1- Sistematização das operações matemáticas *Fuzzy*.

Operações matemáticas	Representação <i>Fuzzy</i>	Exemplo	Aplicação
Adição	$A(+)B = [a^{l(\alpha)} + b^{l(\alpha)}, a^{r(\alpha)} + b^{r(\alpha)}]$	A=(-10, 4, 5) B=(7,10, 15)	$A(+)B = [-3 + 17 \times \alpha, 20 - 6 \times \alpha]$
Subtração	$A(-)B = [a^{l(\alpha)} - b^{r(\alpha)}, a^{r(\alpha)} - b^{l(\alpha)}]$	A= (-2, 0, 3) B = (2, 4, 5)	$A(-)B = [-7 + 3 \times \alpha, 1 - 5 \times \alpha]$

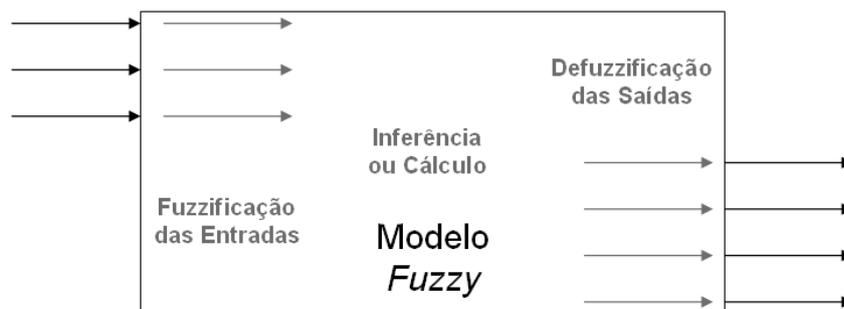
Multiplicação	$A(x)B = [a^{l(\alpha)} \times b^{l(\alpha)}, a^{r(\alpha)} \times b^{r(\alpha)}]$	A = (-2, 0, 3) B = (2, 4, 5)	$A(x)B = [4 - 4 \times \alpha^2, 3 \times \alpha^2 - 18 \times \alpha - 15]$
---------------	--	---------------------------------	--

3. Fuzzificação e defuzzificação

Com base nas operações apresentadas, é possível operar matematicamente os números *Fuzzy* para calcular a viabilidade dos projetos de investimentos. Para tal, as variáveis precisam passar pelo processo de fuzzificação, que torna variáveis de entrada reais em variáveis *Fuzzy*.

Por outro lado, uma vez realizados os cálculos com os números *Fuzzy*, é necessário transformá-los em valores reais. Este processo é conhecido como defuzzificação. A Figura 2 ilustra esses conceitos.

Figura 2 - Fuzzificação e defuzzificação.



Na defuzzificação, o valor da variável de saída calculado é traduzido em valores discretos. O objetivo é obter valores numéricos que melhor representem os valores *Fuzzy* obtidos.

Na aplicação do *VPL Fuzzy*, a resposta obtida pelo cálculo é um número *Fuzzy* que abrange uma determinada área. Pelo conceito de *VPL*, um investimento é viável caso apresente valores superiores a zero, valores inferiores a zero correspondem a prejuízo, desta forma o cálculo da possibilidade de sucesso de um investimento corresponde a divisão da área positiva do *VPL Fuzzy* pela área total do investimento gerado. A expressão 7 apresenta o conceito, sendo $a > 0$, $b = 0$ e $c < 0$.

$$\mu^*(x > 0) = \frac{\int_b^c \mu_{saída}(x)}{\int_c^a \mu_{saída}(x)} \quad [7]$$

4. O *VPL Fuzzy*

Gutiérrez (1989) apresenta a primeira formulação para a aplicação de números *Fuzzy* para o cálculo do *VPL*. Em seu trabalho, os fluxos de caixa por período (*FC*) e a taxa de desconto de um

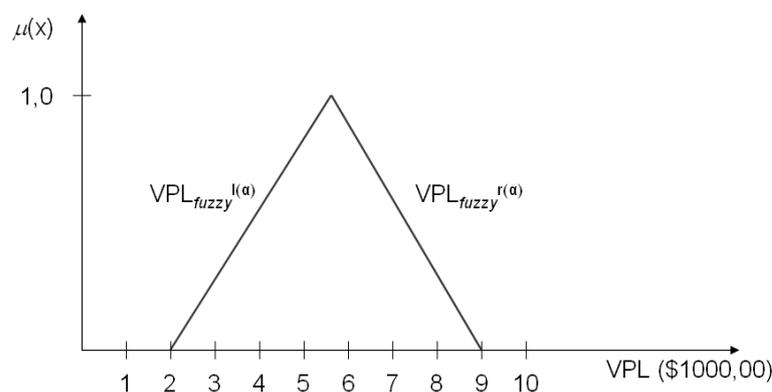
investimento por período (i) são representados por números triangulares *Fuzzy*, conforme a Expressões 8 e 9.

$$FC = [FC^{l(\alpha)}; FC^{r(\alpha)}] \quad [8]$$

$$i = [i^{l(\alpha)}; i^{r(\alpha)}] \quad [9]$$

Como resultado dos cálculos, fora apresentado um número *Fuzzy* que constituía a função VPL_{Fuzzy} . No entanto, o trabalho de Gutierrez (1989) apresentava dificuldade para interpretação dos resultados, já que a saída do modelo era na verdade um valor fuzzificado, apresentado na Figura 2.

Figura 2 – VPL_{Fuzzy} obtido.



Fonte: Adaptado de Gutierrez (1989).

Chiu e Park (1994) reestruturaram a formulação proposta por Gutierrez (1989) e apresentaram um método para defuzzificação para o VPL_{Fuzzy} . A formulação do trabalho dos autores é apresentada em duas etapas distintas; a primeira refere-se ao cálculo do lado esquerdo da função ($VPL_{fuzzy}^{l(\alpha)}$) e, posteriormente, o lado direito ($VPL_{fuzzy}^{r(\alpha)}$), de maneira que seja obtida a Expressão 10:

$$VPL_{fuzzy} = [VPL_{fuzzy}^{l(\alpha)}; VPL_{fuzzy}^{r(\alpha)}] \quad [10]$$

A função $VPL_{Fuzzy}^{l(\alpha)}$ representa os piores resultados possíveis para o investimento em questão. Para seu cálculo, a Tabela 2 considera as três situações possíveis para o fluxo de caixa.

Tabela 2 - Representação matemática para calcular o valor presente líquido *Fuzzy*^{l(α)}

Condição	Representação <i>Fuzzy</i>	Particularidade
----------	----------------------------	-----------------



III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

$FC_j^{l(\alpha)} > 0$	$VPL_{fuzzy}^{l(\alpha)} = FC_0^{l(\alpha)} + \frac{FC_1^{l(\alpha)}}{(1+i_1^{r(\alpha)})} + \frac{FC_2^{l(\alpha)}}{(1+i_2^{r(\alpha)})} + \dots + \frac{FC_n^{l(\alpha)}}{(1+i_n^{r(\alpha)})}$	$i_0^{r(\alpha)} = 0$
$FC_j^{l(\alpha)} < 0$	$VPL_{fuzzy}^{l(\alpha)} = FC_0^{l(\alpha)} + \frac{FC_1^{l(\alpha)}}{(1+i_1^{l(\alpha)})} + \frac{FC_2^{l(\alpha)}}{(1+i_2^{l(\alpha)})} + \dots + \frac{FC_n^{l(\alpha)}}{(1+i_n^{l(\alpha)})}$	$i_0^{l(\alpha)} = 0$
$FC_j^{l(\alpha)} = 0$	$VPL_{fuzzy}^{l(\alpha)} = \frac{0}{(1+i_n^{r(\alpha)})} \Rightarrow VPL_{fuzzy}^{l(\alpha)} = 0$ $VPL_{fuzzy}^{l(\alpha)} = \frac{0}{(1+i_n^{l(\alpha)})} \Rightarrow VPL_{fuzzy}^{l(\alpha)} = 0$	Não influencia o cálculo

A Expressão 11 representa a função matemática para calcular o $VPL_{fuzzy}^{l(\alpha)}$.

$$VPL_{fuzzy}^{l(\alpha)} = \sum_{j=0}^n \left(\frac{\max(FC_j^{l(\alpha)}, 0)}{\prod_{j'=0}^j (1+i_{j'}^{r(\alpha)})} + \frac{\min(FC_j^{l(\alpha)}, 0)}{\prod_{j'=0}^j (1+i_{j'}^{l(\alpha)})} \right) \quad [11]$$

Para realizar o cálculo de $VPL_{Fuzzy}^{r(\alpha)}$, é necessário representar possíveis combinações das funções Fuzzy FC e i, de maneira que a função gerada represente os melhores resultados para o investimento em questão. A Tabela 3 apresenta todas as condições matemáticas para realizar o procedimento matemático Fuzzy e suas particularidades.

Tabela 3 - Representação matemática para calcular o valor presente líquido Fuzzy^{r(α)}

Condição	Representação Fuzzy	Particularidade
$FC_j^{r(\alpha)} > 0$	$VPL_{fuzzy}^{r(\alpha)} = FC_0^{r(\alpha)} + \frac{FC_1^{r(\alpha)}}{(1+i_1^{l(\alpha)})} + \frac{FC_2^{r(\alpha)}}{(1+i_2^{l(\alpha)})} + \dots + \frac{FC_n^{r(\alpha)}}{(1+i_n^{l(\alpha)})}$	$i_0^{l(\alpha)} = 0$
$FC_j^{r(\alpha)} < 0$	$VPL_{fuzzy}^{r(\alpha)} = FC_0^{r(\alpha)} + \frac{FC_1^{r(\alpha)}}{(1+i_1^{r(\alpha)})} + \frac{FC_2^{r(\alpha)}}{(1+i_2^{r(\alpha)})} + \dots + \frac{FC_n^{r(\alpha)}}{(1+i_n^{r(\alpha)})}$	$i_0^{r(\alpha)} = 0$
$FC_j^{r(\alpha)} = 0$	$VPL_{fuzzy}^{r(\alpha)} = \frac{0}{(1+i_1^{l(\alpha)})} \Rightarrow VPL_{fuzzy}^{r(\alpha)} = 0$ $VPL_{fuzzy}^{r(\alpha)} = \frac{0}{(1+i_1^{r(\alpha)})} \Rightarrow VPL_{fuzzy}^{r(\alpha)} = 0$	Não influencia o cálculo



A Expressão 12 representa a função matemática para calcular o $VPL_{Fuzzy}^{r(\alpha)}$

$$VPL_{fuzzy}^{r(\alpha)} = \sum_{j=0}^n \left(\frac{\max(FC_j^{r(\alpha)}, 0)}{\prod_{j'=0}^j (1 + i_j^{r(\alpha)})} + \frac{\min(FC_j^{r(\alpha)}, 0)}{\prod_{j'=0}^j (1 + i_j^{r(\alpha)})} \right) \quad [12]$$

Para calcular a função valor presente líquido *Fuzzy*, a Expressão 13 realiza a combinação entre as funções $VPL_{fuzzy}^{l(\alpha)}$ e $VPL_{fuzzy}^{r(\alpha)}$ no intervalo de pertinência de 0 a 1.

$$VPL_{fuzzy} = \left[\sum_{j=0}^n \left(\frac{\max(FC_j^{l(\alpha)}, 0)}{\prod_{j'=0}^j (1 + i_j^{r(\alpha)})} + \frac{\min(FC_j^{l(\alpha)}, 0)}{\prod_{j'=0}^j (1 + i_j^{l(\alpha)})} \right); \sum_{j=0}^n \left(\frac{\max(FC_j^{r(\alpha)}, 0)}{\prod_{j'=0}^j (1 + i_j^{l(\alpha)})} + \frac{\min(FC_j^{r(\alpha)}, 0)}{\prod_{j'=0}^j (1 + i_j^{r(\alpha)})} \right) \right] \quad [13]$$

Omitaou e Badiru (2007) propuseram o uso de períodos *Fuzzy* no cálculo do VPL *Fuzzy*, entretanto tal metodologia não é aplicável a este trabalho.

5. Estudo de caso

O estudo de caso apresenta um projeto de investimento referente a criação de uma empresa para a fabricação de máquinas de grande porte para o mercado agroindustrial, com foco na indústria de papel e celulose, apresentando também possibilidade de operação no setor sulcralcooleiro. A Tabela 4 apresenta as expectativas sobre o projeto de investimento.



III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

Tabela 4 – Expectativas para o projeto.

	Materiais	Quant.	Especificação	Valor Esperado	Incerteza Estimada	Depreciação Restante
Investimento	Galpão	2900 m ²	Centro fabril	-R\$ 2.000.000,00	± 3%	10 anos
	Área Inicial	24600 m ²	Área é importante para logística interna da empresa, servindo como suporte para o centro fabril na movimentação dos produtos	-R\$ 2.400.000,00	± 3%	não é depreciável
	Terreno Adicional	10250 m ²	Será utilizado para uma possível expansão da empresa.	-R\$ 1.725.000,00	± 3%	não é depreciável
	Guincho	01	Será utilizado para movimentação de grandes cargas no galpão.	-R\$100.000,00	± 3%	10 anos
	Máq. Curvadora de Tubos	01	Utilizada no processo de conformação mecânica dos produtos.	-R\$150.000,00	± 3%	10 anos
	Calandra	01	Utilizada no processo de conformação mecânica de produtos em processamento.	-R\$20.000,00	± 3%	10 anos
	Munk	01	Movimentação de material em processamento	-R\$20.000,00	± 3%	10 anos
	Máquinas leves e soldadoras	-	Processamento de material.	-R\$100.000,00	± 3%	10 anos
	Material para escritório	-	Realização de trabalhos administrativos.	-R\$30.000,00	± 3%	10 anos
	Receitas	Estimativa de demanda anual	-	Estimativa de demanda anual	1200 ton	± 30%





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

	Estimativa de preço	-	Estimativa de preço de venda	R\$10.495,00 /ton	± 5%
	Salários MOD	-	Salários e encargos anuais com mão-de-obra direta	-R\$672.750,00	± 30%
Custos e Despesas	Salários MOI	-	Salários e encargos anuais com mão-de-obra indireta	-R\$491.556,00	± 30%
	Gastos	-	Gastos anuais com água, energia e telefone	-R\$100.000,00	± 30%
	Custos anuais	-	Custos anuais gerais de produção	-R\$7.623,75 /ton	± 5%
	Impostos	Alíquota de imposto	-	Impostos	35% a.a.
Valor Residual	Valor Residual	-	Valor Residual do empreendimento	R\$ 4.725.000,00	± 20%
Rentabilidade Desejada	TMA	-	Taxa mínima de atratividade (TMA)	15,72% a.a.	± 6%



A partir das estimativas apresentadas na Tabela 4, a avaliação de investimentos foi estruturada em três etapas: (a) fuzzificação para cada variável de entrada; (b) cálculo do VPL *Fuzzy*; e (c) defuzzificação.

5.1. Fuzzificação das variáveis

Tomando como exemplo a variável *Galpão*, o investimento tem valor esperado de –R\$ 2.000.000,00 e a incerteza estipulada corresponde a $\pm 3\%$. Com base nestes valores, é possível obter o número triangular *Fuzzy* correspondente a expressão 14:

$$Galp\tilde{a}o_{Fuzzy} = (Galp\tilde{a}o_1, Galp\tilde{a}o_2, Galp\tilde{a}o_3) \quad [14]$$

A Tabela 5 apresenta o detalhamento da variável *Galpão* fuzzificada como um número *Fuzzy*.

Tabela 5 - Variável *Galpão Fuzzy*

Variável	Procedimento matemático	Cálculo	Resultado
$Galp\tilde{a}o_1$	$Galp\tilde{a}o_2 \times (1 + \text{incerteza máxima estimada})$	$- 2000000 \times (1 + 0,03)$	– R\$ 2.060.000,00
$Galp\tilde{a}o_2$	Valor esperado do investimento no <i>Galpão</i>	– R\$ 2.000.000,00	– R\$ 2.000.000,00
$Galp\tilde{a}o_3$	$Galp\tilde{a}o_2 \times (1 - \text{incerteza mínima estimada})$	$- 2000000 \times (1 - 0,03)$	– R\$ 1.940.000,00

A expressão 15 apresenta o número triangular por meio do cálculo matemático.

$$Galp\tilde{a}o_{Fuzzy} = (- R\$ 2.060.000, - R\$ 2.000.000, - R\$ 1.940.000) \quad [15]$$

A partir desse resultado, é possível calcular o valor do investimento por meio da representação α -cut. A Expressão 16 representa o valor do investimento do galpão com a estratificação do número *Fuzzy* (direita e esquerda).

$$Galp\tilde{a}o_{Fuzzy} = [Galp\tilde{a}o^{l(\alpha)}, Galp\tilde{a}o^{r(\alpha)}] \quad [16]$$

De maneira análoga à variável *Galpão*, as demais variáveis devem ser fuzzificadas. A Tabela 6 apresenta a fuzzificação das demais variáveis do projeto.



III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

Tabela 7 – Variáveis fuzzificadas.

Categorias	Variável	Procedimento matemático	Representação do num. Fuzzy	Números Fuzzy	
				$l(\alpha)$	$r(\alpha)$
Investimento	Galpão	$(Galp\tilde{a}o_1, Galp\tilde{a}o_2, Galp\tilde{a}o_3)$	$[Galp\tilde{a}o^{l(\alpha)}, Galp\tilde{a}o^{r(\alpha)}]$	$60000x\alpha - 2060000$	$- 60000x\alpha - 1940000$
	Área Inicial	$(\acute{A}rea\ inicial_1, \acute{A}rea\ inicial_2, \acute{A}rea\ inicial_3)$	$[\acute{A}rea\ Inicial^{l(\alpha)}, \acute{A}rea\ Inicial^{r(\alpha)}]$	$72000x\alpha - 2472000$	$- 72000x\alpha - 2328000$
	Terreno Adicional	$(\acute{A}rea\ inicial_1, \acute{A}rea\ inicial_2, \acute{A}rea\ inicial_3)$	$[\text{Terreno}^{l(\alpha)}, \text{Terreno}^{r(\alpha)}]$	$51750x\alpha - 1776750$	$- 51750x\alpha - 1673250$
	Guincho para Movimentação	$(Guincho_1, Guincho_2, Guincho_3)$	$[Guincho^{l(\alpha)}, Guincho^{r(\alpha)}]$	$3000x\alpha - 103000$	$- 3000x\alpha - 97000$
	Máq. Curvadora de Tubos	$(Maq\ tubos_1, Maq\ tubos_2, Maq\ tubos_3)$	$[Maq.\ Tubos^{l(\alpha)}, Maq.\ Tubos^{r(\alpha)}]$	$4500x\alpha - 154500$	$- 4500x\alpha - 145500$
	Calandra	$(Calandra_1, Calandra_2, Calandra_3)$	$[Calandra^{l(\alpha)}, Calandra^{r(\alpha)}]$	$600x\alpha - 20600$	$- 600x\alpha - 19400$
	Munk	$(Munk_1, Munk_2, Munk_3)$	$[Munk^{l(\alpha)}, Munk^{r(\alpha)}]$	$600x\alpha - 20600$	$- 600x\alpha - 19400$
	Máquinas leves e soldadoras	$(Maq\ leves\ e\ sold._1, Maq\ leves\ e\ sold._2, Maq\ leves\ e\ sold._3)$	$[Maq.\ Soldadoras^{l(\alpha)}, Maq.\ Soldadoras^{r(\alpha)}]$	$3000x\alpha - 103000$	$- 3000x\alpha - 97000$
	Mat. escritório,	$(Maq\ esc._1, Maq\ esc._2, Maq\ esc._3)$	$[Mat.\ escrit\acute{o}rio^{l(\alpha)}, Mat.\ Escrit\acute{o}rio^{r(\alpha)}]$	$900x\alpha - 30900$	$- 900x\alpha - 29100$





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

	móveis e comp.				
Receita	Estimativa de demanda anual	(estimat demanda ₁ , estimat demanda ₂ , estimat demanda ₃)	[Est. demanda ^{l(α)} , Est. Demanda ^{r(α)}]	360xα + 840	- 360xα + 1560
	Estimativa de preço de venda	(estimat. preco ₁ , estimat preco ₂ , estimat preco ₃)	[Est. preco ^{l(α)} , Est. preco ^{r(α)}]	524,75xα + 9970,25	-524,75xα + 11019,75
Custos e Despesas	Salários com mão-de-obra direta	(Salários MOD ₁ , Salários MOD ₂ , Salários MOD ₃)	[Salários MOD ^{l(α)} , Salários MOD ^{r(α)}]	201825xα - 874575	- 201825xα - 470925
	Salários com mão-de-obra indireta	(Salários MOI ₁ , Salários MOI ₂ , Salários MOI ₃)	[Salários MOI ^{l(α)} , Salários MOI ^{r(α)}]	147466,80xα - 639022,80	- 147466,80xα - 344089,20
	Gastos com água, energia e telefone	(Gastos ₁ , Gastos ₂ , Gastos ₃)	[Gastos ^{l(α)} , Gastos ^{r(α)}]	30000xα - 130000	- 30000xα - 70000
	Custos anuais de produção	(Custos produção ₁ , Custos produção ₂ , Custos produção ₃)	[Custos produção ^{l(α)} , Custos produção ^{r(α)}]	381,19xα - 8004,94	- 381,19xα - 7242,56
Impostos	Alíquota	(Alíquota ₁ , Alíquota ₂ , Alíquota ₃)	[Alíquota ^{l(α)} , Alíquota ^{r(α)}]	Não é tratado como incerto.	
Valor Residual	Valor Residual	(Valor Residual ₁ , Valor Residual ₂ , Valor Residual ₃)	[Valor Residual ^{l(α)} , Valor Residual ^{r(α)}]	4725000xα - 3780000	-945000xα + 5670000
Rentabilidade Desejada	Taxa mínima de atratividade	(Tx. mínima atratividade ₁ , Tx. mínima atratividade ₂ , Tx. mínima atratividade ₃)	[Tx. mínima atratividade ^{l(α)} , Tx. mínima atratividade ^{r(α)}]	0,060xα + 0,097	- 0,060xα + 0,217



5.2. Cálculo do VPL *Fuzzy*

A primeira etapa consiste em obter um número *Fuzzy* que represente o investimento total necessário para realizar a execução do projeto. O valor do investimento total é calculado pelo somatório de todas as variáveis referente à categoria de investimento, conforme a Tabela 7. A coluna dos números *Fuzzy* apresenta seus valores como lados direito e esquerdo. Para todas as variáveis que compõe esse investimento, realiza-se a soma *Fuzzy* para esses dados.

Prosseguindo com os cálculos, deve ser obtida a receita total esperada pela execução do empreendimento, constituída pela multiplicação entre *Estimativa de demanda anual* *Fuzzy* e *Estimativa de preço de venda* *Fuzzy* apresentados na Tabela 7.

Posteriormente, calcula-se o dispêndio ao longo do tempo, representados pelos custos e despesas totais anuais, todo dispêndio ao longo da vida econômica do projeto após a sua execução.

A contabilização da *Depreciação Anual Total* é obtida pela somatória dos valores investidos em ativos depreciáveis para execução do projeto divididos pelo período de depreciação, neste projeto, de 10 anos. Com base no valor depreciável dos ativos imobilizados, é possível obter o fluxo de caixa após os impostos por meio dos números *Fuzzy*. Conforme apresentado, as depreciações são factíveis até o décimo ano de projeto.

O *Fluxo de Caixa após os Impostos* é representado por dois números *Fuzzy* distintos: (1) refere-se ao período de 1 a 10 anos de projeto e (2) refere-se ao período de 11 a 15 anos. Neste trabalho, vale ressaltar que a *Alíquota de Imposto* não é considerada uma variável incerta, portanto, não é um número *Fuzzy*. Trata-se de uma constante que multiplica todos os valores obtidos pela adição entre *Fluxo de Caixa antes dos Impostos* *Fuzzy* e a *Depreciação Anual Total* *Fuzzy*.

Para o cálculo do VPL, o fluxo de caixa antes dos impostos é obtido por meio da combinação entre as variáveis das receitas e das saídas de caixa ao longo da vida econômica do projeto. A Tabela 8 apresenta a sistematização de dados do projeto.



III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

Tabela 8 – Sistematização das variáveis fuzzificadas para o cálculo do VPL Fuzzy.

Variável	Representação do num. Fuzzy	Números Fuzzy	
		$l(\alpha)$	$r(\alpha)$
Investimento total	$[Investimento\ Total^{l(\alpha)},\ Investmento\ Total^{r(\alpha)}]$	$Receita\ Anual\ Total + Custos\ e\ Despesas\ Anuais\ Totais$	
Receita Anual Total	$[Receita\ Anual\ Total^{l(\alpha)},\ Receita\ Anual\ Total^{r(\alpha)}]$	$Estimativa\ de\ demanda\ anual \times Estimativa\ de\ preço\ de\ venda$	
Custos e Despesas Anuais Totais	$[Custos\ e\ Despesas\ Anuais\ Totais^{l(\alpha)},\ Custos\ e\ Despesas\ Anuais\ Totais^{r(\alpha)}]$	$[Estimativa\ de\ demanda\ anual \times Custos\ anuais\ gerais\ de\ produção\ (matéria-prima\ e\ consumíveis)] + Salários\ e\ encargos\ com\ mão-de-obra\ direta + Salários\ e\ encargos\ com\ mão-de-obra\ indireta + Água,\ energia\ e\ telefone$	
Fluxo de Caixa antes dos impostos	$[Fluxo\ de\ Caixa\ antes\ dos\ impostos^{l(\alpha)},\ Fluxo\ de\ Caixa\ antes\ dos\ impostos^{r(\alpha)}]$	$Receita\ Anual\ Total + Custos\ e\ Despesas\ Anuais\ Totais$	





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

<p>Depreciação Anual Total</p>	<p>[Depreciação Anual Total $l^{(\alpha)}$, Depreciação Anual Total $r^{(\alpha)}$]</p>	<p>(Galpão + Guincho para Movimentação + Máquina Curvadora de Tubos + Calandra + Munk + Máquinas leves e soldadoras + Material para escritório, móveis e computadores) / 10</p>
<p>Fluxo de Caixa após os Impostos</p>	<p>[Fluxo de Caixa após os Impostos (1 a 10 anos) $l^{(\alpha)}$, Fluxo de Caixa após os Impostos (1 a 10 anos) $r^{(\alpha)}$]</p>	<p>Fluxo de Caixa antes dos Impostos - 0,35 × [Fluxo de Caixa antes dos Impostos¹ + Depreciação Anual Total]</p>
	<p>[Fluxo de Caixa após os Impostos (11 a 15 anos) $l^{(\alpha)}$, Fluxo de Caixa após os Impostos (11 a 15 anos) $r^{(\alpha)}$]</p>	<p>(1 - 0,35) × Fluxo de Caixa antes dos Impostos</p>
<p>Valor Presente Líquido</p>	<p>[VPL Fuzzy $l^{(\alpha)}$, VPL Fuzzy $r^{(\alpha)}$]</p>	<p>[Investimento Total] + $\sum_{j=0}^{10}$ [Max (Fluxo de Caixa após os Impostos (1 a 10 anos), 0) / (1 + TMA)^j] + min (Fluxo de Caixa após os Impostos (1 a 10 anos), 0) / (1 + TMA)^j] + $\sum_{j=11}^{15}$ [Max (Fluxo de Caixa após os Impostos (11 a 15 anos), 0) / (1 + TMA)^j] + min (Fluxo de Caixa após os Impostos (11 a 15 anos), 0) / (1 + TMA)^j] + [(Valor Residual) / (1 + TMA)¹⁵]</p>



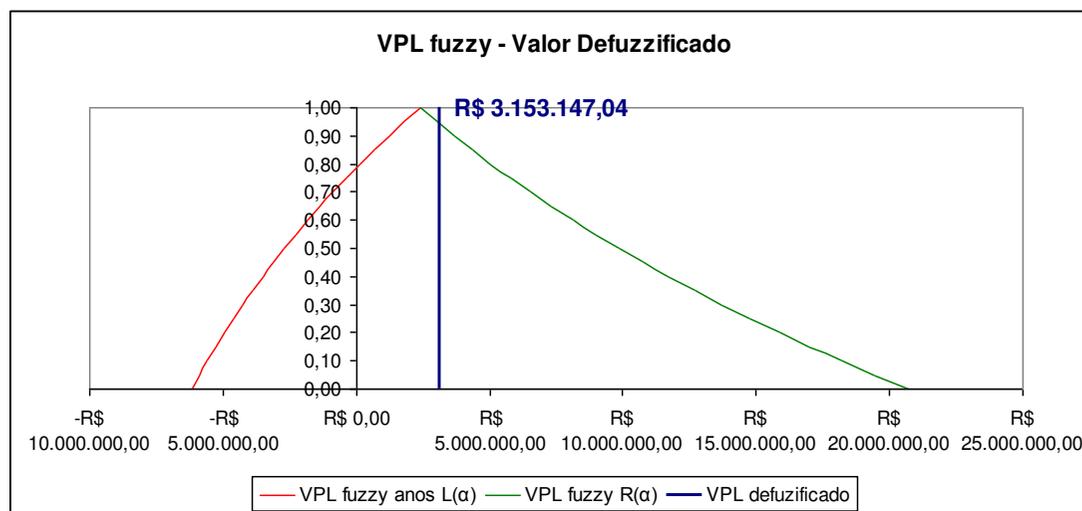


III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

Com base na estruturação apresentada, obtêm-se a função VPL Fuzzy, ilustrada graficamente pela Figura 3.

Figura 3 – VPL Fuzzy do projeto de investimento



5.3. Defuzzificação

O *VPL Fuzzy* constitui-se em uma figura geométrica com área que abrange a região positiva e negativa do eixo de valores. Para calcular a possibilidade de sucesso do investimento é necessária a defuzzificação.

Pelo método de defuzzificação pelo centro da área (SHAW e SIMÕES, 1999), obteve-se o valor mais possível, ou esperado, pelo investimento em R\$ 3.153.1347,04.

Pela divisão da área positiva do investimento (área a direita das abscissas do gráfico da Figura 3) pela área total do investimento é encontrada a possibilidade de sucesso do investimento de 77,81%. Ou seja, a incerteza que o investimento engloba é de 22,19%.

A Tabela 9 sintetiza os resultados obtidos:

Tabela 9 – Síntese dos resultados.

	Valor mínimo (VPL _{min})	Valor esperado (VPL*)	Valor máximo (VPL _{máx})	Possibilidade de insucesso
VPL <i>Fuzzy</i>	-R\$ 6.177.171,30	R\$ 3.153.147,04	R\$ 20.729.644,92	22,19%

6. O coeficiente de incerteza léxica (CIL)

Os resultados obtidos por meio da defuzzificação permitem boa interpretação e podem ser considerados análogos a uma avaliação de um método estatístico. O valor mais possível pode ser associado ao valor médio esperado para um investimento. Já a possibilidade de insucesso no investimento pode ser comparada ao risco de um investimento em uma avaliação estatística.

Embora os valores sejam passíveis de interpretação, se um investidor deseja comparar investimentos avaliados pelo *VPL Fuzzy*, pode haver dificuldade na comparação de indicadores. Por exemplo, um investimento poderia apresentar baixa incerteza e também um baixo valor possível, enquanto outro investimento poderia apresentar incerteza maior e um VPL possível mais atrativo.

O *CIL* representado pela função 17 e pode ser utilizado para comparar diferentes investimentos.



$$CIL = \frac{VPL_{fuzzy}^{r(1)} - VPL_{fuzzy}^{l(1)}}{VPL^*} \quad [17]$$

Quanto mais próximo de 0 for o valor de *CIL* menos incerto é o investimento. Para o projeto apresentado tem-se:

$$CIL = \frac{20.729.644,92 + 177.171,30}{3.153.1347,04.} \quad [18]$$

$$CIL = 8,53 \quad [19]$$

Projetos com maior *CIL* apresentam maior incerteza, desta forma como os investidores tem em sua grande maioria aversão a situações incertas, os projetos com menor *CIL* devem ser buscados.

7. Considerações finais

No estudo de caso apresentado foram utilizadas 17 variáveis *Fuzzy* para execução do modelo; um cálculo substancialmente elaborado, porém que reflete possíveis realidades futuras quanto ao sucesso ou insucesso do projeto, o que pode contribuir para tomada de decisão de investidores.

Por meio da aplicação do *VPL Fuzzy*, a incerteza presente em um investimento é tratada como léxica, ou seja, o modelo é possibilístico e não apresenta caráter estatístico. Essencialmente, a teoria *Fuzzy* é voltada para o desenvolvimento de conceitos e técnicas que permitam quantificar fontes de incerteza e imprecisão de natureza não estatística e de difícil mensuração; fato com que fez que tal teoria fosse aplicada com bastante sucesso em diversas da áreas da engenharia. Desta forma, os conceitos que envolvem a aplicação do *VPL Fuzzy* ganham cada vez mais espaço nas aplicações econômico e financeiras.

Apesar da matemática *Fuzzy* não ser demasiadamente complexa, seu uso só é viabilizado através de softwares. Existem softwares específicos para aplicação dos conceitos *Fuzzy*, como o Matlab, que apresenta um toolbox para sua aplicação, e o Fuzzytech. Oliveira Júnior et al (2007) citam os softwares desenvolvidos na Universidade de Magdeburg, na Alemanha, como





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

o Nefcon, Nefclass e o Neprox. Trabalhos que usam o Microsoft Excel em sua estruturação também são encontrados (BAO, 2014).

Vale a ressalva que para que sejam obtidos resultados representativos, a contextualização do cenário econômico deve ser clara e fundamentada nas informações presentes do investimento. A economia mundial apresenta um cenário bastante volátil, fato que contribui para que informações presentes se transformem em fatos relativamente diferentes no futuro.

Na aplicação apresentada optou-se pelo uso de faixas de incerteza elevadas, que em alguns casos, apresentaram variação percentual de 60%. A ausência de dados ou informações confiáveis contribui para este tipo de situação, porém a associação de incertezas as variáveis do projeto dependem de cada projeto.

Em um cenário de negócios onde as empresas tendem cada vez mais a buscar novos projetos e compara-los, o coeficiente de incerteza léxica pode ser uma importante ferramenta para rápida comparação entre investimentos.

REFERÊNCIAS

BAO, H.; PENG, Y.; ABLANEDO-ROSAS, J.H; GAO, H. **An alternative incomplete information bargaining model for identifying the reasonable concession period of a BOT project.** International Journal of Project Management. December 2014.

BANHOLZER, I.E.G. **Proposta para interpretação da taxa interna de retorno através do cálculo fuzzy.** 93p. Dissertação (Mestrado) UNIFEI, Itajubá, 2005.

CHIU, C.Y.;PARK, C. S.; **Fuzzy cash flow analysis using present worth criterion;** The Engineering Economist 1994 – volume 39, no 2 (113-137).

GONÇALVES NETO, A.C.; MARUJO, L.G.; COSENZA, C.A.N.; DÓRIA, F.A.M, LIMA JUNIOR, J.M. **Using fuzzy NPV evaluation to justify the acquisition of business interruption insurance.** Expert Systems with Applications, Volume 39, Issue 12, 15 September 2012.

GUTIÉRREZ, I. **Fuzzy numbers and net present value.** Scand. J. Mgmt, Vol 5 No. 2, pp.149-159, 1989.

OMITAOMU, O.A; BADIRU A. **Fuzzy present value analysis model for evaluating information system projects.** The Engineering Economist, Volume 52, Issue 2 April 2007, pages 157 – 178.

PAMPLONA E.O.; MONTEVECHI, J.A.B. **Apostila do curso de engenharia econômica avançada.** UNIFEI, Itajubá, 2006.





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

SANCHES, A.L. **Avaliação econômica de projetos de investimento em condições de incerteza utilizando números triangulares fuzzy.** 221p. Dissertação (Mestrado) UNIFEI, Itajubá, 2003.

SHAW, I.S.; SIMÕES, M.G. **Controle e modelagem fuzzy.** São Paulo: Edgar Blütcher, 1999.

VON ALTROCK, C.; **Fuzzy logic & neurofuzzy application in business & finance,** Prentice Hall PRT-Upper Sadle River, New Jersey 07458-1995.

ZADEH, L.A. **Fuzzy sets.** Information and control vol 8, 1965.

