



AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE INVESTIMENTO SOB CONDIÇÕES DE INCERTEZA: UMA ABORDAGEM UTILIZANDO LÓGICA FUZZY

Rodrigo Pestana Cunha Telles

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Carlos Alberto Nunes Cosenza

Rio de Janeiro

Abril de 2022

AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE INVESTIMENTO SOB CONDIÇÕES DE
INCERTEZA: UMA ABORDAGEM UTILIZANDO LÓGICA FUZZY

Rodrigo Pestana Cunha Telles

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Orientador: Carlos Alberto Nunes Cosenza

Aprovada por: Prof. Carlos Alberto Nunes Cosenza, D.Sc.

Prof. Claudio Henrique dos Santos Grecco, D.Sc.

Prof. Harvey José Santos Ribeiro Cosenza, D.Sc.

Prof. Luis Claudio Bernardo Moura, D.Sc.

Prof. Roberto Ivo da Rocha Lima Filho, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

ABRIL DE 2022

Telles, Rodrigo Pestana Cunha

Avaliação de Projetos de Investimento sob Condições de Incerteza: Uma Abordagem Utilizando Lógica Fuzzy / Rodrigo Pestana Cunha Telles. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2022.

XVI, 90 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Carlos Alberto Nunes Cosenza

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Produção, 2022.

Referências Bibliográficas: p. 77-81.

1. Avaliação de Projetos de Investimento. 2. Métodos de Orçamento de Capital. 3. Lógica Fuzzy. I. Cosenza, Carlos Alberto Nunes. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Produção. III. Título.

“Se eu vi mais longe, foi por estar de pé sobre ombros de gigantes”

Isaac Newton

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente aos meus queridos e amados pais, Denise Pestana Cunha Telles e Eduardo Cunha Telles, por todo o apoio e amor que me deram durante todos os momentos em minha vida. São meus maiores exemplos e a eles devo todo o sucesso que eu obtiver.

Ao meu orientador, Carlos Alberto Nunes Cosenza, pela oportunidade que me foi dada em ser seu orientando, pelos ensinamentos e conselhos dados. É um privilégio ter sua orientação em meu trabalho e em minha vida, obrigado por tudo.

A minha companheira, Gabriela Mendes Lopes, que nos momentos mais difíceis, me estimulou a continuar e não desistir do sonho de terminar esse mestrado. Suas palavras foram fundamentais para que eu continuasse sempre em frente. Agradeço muito por te-la ao meu lado nessa etapa tão importante da minha vida.

Ao Thiago Fernandes Fernandes e ao Alexandre Vieira Nacif, cujo apoio foi imprescindível para que hoje eu pudesse ser capaz de concluir essa dissertação. Nunca conseguiria chegar até aqui sem o inestimável apoio deles, por esse motivo, serei eternamente grato.

A todos os professores e colegas da COPPE, que mesmo que indiretamente colaboraram para este trabalho, meu mais sinceros agradecimentos.

E um agradecimento especial a Amy, minha fiel escudeira, pela companhia em todos os momentos bons e ruins, sempre me apresentando a forma de amor mais genuíno que existe. Sou privilegiado por ter a oportunidade de conviver com um ser de coração tão puro.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE INVESTIMENTO SOB CONDIÇÕES DE INCERTEZA: UMA ABORDAGEM UTILIZANDO LÓGICA FUZZY

Rodrigo Pestana Cunha Telles

Abril/2022

Orientador: Carlos Alberto Nunes Cosenza

Programa: Engenharia de Produção

Métodos de orçamento de capital determinísticos utilizados por gestores em todo o mundo pressupõem diversas hipóteses que podem levar a uma alocação de capital equivocada. O pressuposto dos métodos tradicionais que descontam os fluxos de caixa intermediários positivos e negativos à taxa de desconto ajustada ao risco são um dos seus principais problemas. Os métodos modificados de orçamento de capital, por outro lado, vieram para contornar esse problema, já que contemplam também a utilização de taxas de financiamento e reinvestimento da empresa na sua formulação. Outra hipótese problemática realizada nos métodos determinísticos é não contemplar a incerteza nas taxas e valores dos fluxos de caixa futuros do projeto. Para incluir nas análises de investimentos essas incertezas foi utilizada a lógica Fuzzy como ferramenta, em especial os métodos de orçamento de capital Fuzzy. A fim de se comparar os métodos de orçamento de capital sob condições de certeza determinísticos com os métodos sob condições de incerteza Fuzzy, foram escolhidos dois determinísticos, VPL e VPLM, e dois Fuzzy, VPLFuzzy e VPLMFuzzy. Por meio de um exemplo prático do estudo de viabilidade de uma mina de bauxita da Vale S.A., buscou-se realizar uma análise que pudesse demonstrar as vantagens e limitações de cada metodologia, em uma situação real de investimento.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

EVALUATION OF INVESTMENT PROJECTS UNDER UNCERTAINTY
CONDITIONS: AN APPROACH USING FUZZY LOGIC

Rodrigo Pestana Cunha Telles

April/2022

Advisor: Carlos Alberto Nunes Cosenza

Department: Production Engineering

Deterministic capital budgeting methods used by managers around the world assume several assumptions that can lead to a misallocation of capital. The assumption of traditional methods that discount positive and negative intermediate cash flows at the risk-adjusted discount rate is one of their main problems. The modified capital budgeting methods, on the other hand, came to circumvent this problem, as they also include the use of company financing and reinvestment rates in their formulation. Another problematic hypothesis carried out in the deterministic methods is not considering the uncertainty in the rates and values of the project's future cash flows. To include these uncertainties in the investment analysis, Fuzzy logic was used as a tool, especially Fuzzy capital budgeting methods. In order to compare the capital budgeting methods under deterministic certainty conditions with the methods under Fuzzy uncertainty conditions, two deterministic ones, NPV and MNPV, and two Fuzzy, NPVFuzzy and MNPVFuzzy, were chosen. Through a practical example of the feasibility study of a Vale S.A. bauxite mine, an analysis was carried out that could demonstrate the advantages and limitations of each methodology, in a real investment situation.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABELAS	XII
LISTA DE NOMECLATURAS.....	XIII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIV
1 APRESENTAÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVO	2
1.2 JUSTIFICATIVA DO TEMA	3
1.3 METODOLOGIA.....	3
1.3.1 PESQUISA EXPLORATÓRIA	4
1.3.2 PESQUISA DOCUMENTAL	5
1.4 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO ...	5
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	6
2 CONCEITOS BÁSICOS	8
2.1 ANÁLISE DE PROJETOS DE INVESTIMENTO	8
2.2 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE PROJETOS DE INVESTIMENTO.....	8
2.3 FLUXO DE CAIXA	9
2.4 TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE (TMA)	11
2.5 CONCEITO DE RISCO	12
2.5.1 FLUXO DE CAIXA EQUIVALENTE À CERTEZA	13
2.5.2 TAXA DE DESCONTO AJUSTADA AO RISCO (TDAR).....	14
2.6 TIPOS DE INCERTEZAS.....	15
2.7 INCERTEZA NOS INVESTIMENTOS EM PROJETOS	16
2.7.1 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.....	16
3 MÉTODOS TRADICIONAIS DE ORÇAMENTO DE CAPITAL	18
3.1 VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)	18
3.2 TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR).....	19
3.3 ÍNDICE DE LUCRATIVIDADE (IL).....	20
3.4 PAYBACK DESCONTADO	21
4 MÉTODOS MODIFICADOS DE ORÇAMENTO DE CAPITAL	23
4.1 VALOR PRESENTE LÍQUIDO MODIFICADO (VPLM)	23

4.2	TAXA INTERNA DE RETORNO MODIFICADO (TIRM)	25
5	LÓGICA FUZZY NA ANÁLISE DE INVESTIMENTOS DE PROJETOS	27
5.1	CONCEITOS DE LÓGICA FUZZY	27
5.1.1	INTRODUÇÃO À LÓGICA FUZZY	27
5.1.2	CONCEITO DE POSSIBILIDADE	29
5.1.3	NÚMEROS FUZZY	29
5.1.4	OPERAÇÕES COM NÚMEROS FUZZY TRIANGULARES.....	35
5.1.5	FUZZYFICAÇÃO.....	36
5.1.6	DEFUZZYFICAÇÃO	38
5.2	VALOR PRESENTE LÍQUIDO FUZZY (VPLFUZZY).....	40
5.2.1	CÁLCULO DO VPLFUZZY	41
5.2.2	DEFUZZYFICAÇÃO DO VPLFUZZY	43
5.3	VALOR PRESENTE LÍQUIDO MODIFICADO FUZZY (VPLMFUZZY).....	44
5.3.1	CÁLCULO DO VPLMFUZZY	45
5.3.2	DEFUZZYFICAÇÃO DO VPLMFUZZY	46
6	EXEMPLO PRÁTICO DA PESQUISA DOCUMENTAL	47
6.1	O PROJETO DE INVESTIMENTO.....	47
6.2	DADOS DO PROJETO	50
6.3	APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DETERMINÍSTICOS.....	52
6.3.1	APLICAÇÃO DO VPL	52
6.3.2	APLICAÇÃO DO VPLM	53
6.4	APLICAÇÃO DOS MÉTODOS FUZZY	56
6.4.1	APLICAÇÃO DO VPLFUZZY	57
6.4.2	APLICAÇÃO DO VPLMFUZZY	62
6.5	ANÁLISE DOS RESULTADOS DO EXEMPLO PRÁTICO	68
6.5.1	ANÁLISE QUANTITATIVA.....	68
6.5.2	ANÁLISE QUALITATIVA.....	70
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
7.1	LIMITAÇÕES DA DISSERTAÇÃO	75
7.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	75
	REFERÊNCIAS	77
	APÊNDICE A – CÓDIGOS DO VBA.....	82
	APÊNDICE B – UTILIZAÇÃO DAS FUNÇÕES NO EXCEL.....	88

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: FASES DA ANÁLISE DE PROJETOS DE INVESTIMENTOS	9
FIGURA 2: DIAGRAMA DE FLUXO DE CAIXA: EXEMPLO	10
FIGURA 3: DIAGRAMA DE FLUXO DE CAIXA NÃO-CONVENCIONAL: EXEMPLO	11
FIGURA 4: LÓGICA CLÁSSICA (BOOLEANA)	28
FIGURA 5: LÓGICA FUZZY	28
FIGURA 6: NÚMEROS FUZZY – EXEMPLIFICANDO CONDIÇÕES	30
FIGURA 7: NÚMERO FUZZY TRIANGULAR	30
FIGURA 8: NÚMERO FUZZY TRAPEZOIDAL	31
FIGURA 9: NÚMERO FUZZY GAUSSIANO	31
FIGURA 10: NÚMERO FUZZY EXPONENCIAL	31
FIGURA 11: NÚMERO FUZZY GAUSSIANO	31
FIGURA 12: NÚMERO FUZZY SINGLETON (CRISP)	32
FIGURA 13: REPRESENTAÇÃO DE $A = (-1, 3, 5)$	33
FIGURA 14: REPRESENTAÇÃO DE A POR A-CUTS	34
FIGURA 15: FUZZIFICAÇÃO TAXAS DE JUROS SELIC – EXEMPLO	37
FIGURA 16: TAXA DE JUROS SELIC DE 17% A.A – EXEMPLO DE FUZZYFICAÇÃO	38
FIGURA 17: LOCALIZAÇÕES DOS DIREITOS MINERÁRIOS DE BAUXITA	48
FIGURA 18: RESULTADO E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE – VPL	52
FIGURA 19: RESULTADO E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DO CMPC – VPLM	54
FIGURA 20: RESULTADO E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DA TR - VPLM	54
FIGURA 21: GRÁFICO E RESULTADOS – VPLFUZZY BAIXO RISCO	61
FIGURA 22: GRÁFICO E RESULTADOS – VPLFUZZY MÉDIO RISCO	61
FIGURA 23: GRÁFICO E RESULTADOS – VPLFUZZY ALTO RISCO	62
FIGURA 24: GRÁFICO E RESULTADOS – VPLMFUZZY BAIXO RISCO	66
FIGURA 25: GRÁFICO E RESULTADOS – VPLMFUZZY MÉDIO RISCO	66
FIGURA 26: GRÁFICO E RESULTADOS – VPLMFUZZY ALTO RISCO	67
FIGURA 27: RESUMO DOS RESULTADOS	69
FIGURA 28: MENU DO EXCEL – ABA “FÓRMULAS”	88
FIGURA 29: JANELA PARA IMPLEMENTAR OS ARGUMENTOS DAS FDU	89
FIGURA 30: JANELA DA FUNÇÃO MVPL	89

FIGURA 31: JANELA DA FUNÇÃO VPLFUZZY	90
FIGURA 32: JANELA DA FUNÇÃO VPLMFUZZY	90

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: FLUXO DE CAIXA: EXEMPLO.....	10
TABELA 2: DIREITOS MINERÁRIOS DE BAUXITA.....	49
TABELA 3: TAXAS DE PROJETO.....	50
TABELA 4: FLUXO DE CAIXA DO PROJETO VERA CRUZ	51
TABELA 5: RESULTADO E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DA TDAR – VPLM.....	53
TABELA 6: RESULTADO E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE – VPLM.....	55
TABELA 7: COMPARAÇÃO – VPL X VPLM	55
TABELA 8: FLUXO DE CAIXA FUZZY DO PROJETO	56
TABELA 9: TAXAS FUZZY DE PROJETO	57
TABELA 10: VALORES DO VPLFUZZY	58
TABELA 11: DEFUZZYFICAÇÃO - CENTROIDE DO VPLFUZZY.....	59
TABELA 12: DEFUZZYFICAÇÃO - DISTRIBUIÇÃO DE POSSIBILIDADES CUMULATIVAS DO VPLFUZZY	60
TABELA 13: VALORES DO VPLMFUZZY DO PROJETO	64
TABELA 14: DEFUZZYFICAÇÃO - CENTROIDE DO VPLMFUZZY	65
TABELA 15: DEFUZZYFICAÇÃO - DISTRIBUIÇÃO DE POSSIBILIDADES CUMULATIVAS DO VPLMFUZZY	65

LISTA DE NOMECLATURAS

CMgC - Custo Marginal de Capital

CMPC - Custo Médio Ponderado de Capital

DOE - Design of Experiments

DRE - Demonstração do Resultado do Exercício

FCD - Fluxo de Caixa Descontado

FCE - Fluxos de Caixa Líquidos Positivos

FCS - Fluxos de Caixa Líquidos Negativos

FDU - Função Definida pelo Usuário

IL - Índice de Lucratividade

MATLAB - Programa de Computador denominado Matrix Laboratory

MMU\$ - Milhões de Dólares Americanos

N - Número de Iterações

TDAR - Taxa de Desconto Ajustada ao Risco

TFN - Triangular Fuzzy Numbers

TIR - Taxa Interna de Retorno

TIRM - Taxa Interna de Retorno Modificada

TMA - Taxa Mínima de Atratividade

VBA - Visual Basic for Applications

VP - Valor Presente

VPL - Valor Presente Líquido

VPLFuzzy - Valor Presente Líquido Fuzzy

VPLM - Valor Presente Líquido Modificado

VPLMFuzzy - Valor Presente Líquido Modificado Fuzzy

VT - Valor Terminal

WACC - Sigla em Inglês do CMPC, Weighted Average Cost of Capital

XVPL - Função do Microsoft Excel para o VPL com Fluxos de Caixa Não-periódicos

LISTA DE SÍMBOLOS

t	Período Considerado: 0,1,2,3...n
α_t	Fator de Ajuste ao Risco Equivalente à Certeza no Período t
FC_t	Fluxo de Caixa no Período t
r_f	Taxa de Retorno Livre de Risco
I	Investimento Inicial
k	Taxa de Desconto
FCE_t	Fluxos de Caixa Líquidos Positivos no Período t
FCS_t	Fluxos de Caixa Líquidos Negativos no Período t
IL	Índice de Lucratividade
k_{tr}	Taxa de Reinvestimento
k_{tdar}	Taxa de Desconto Ajustada ao Risco
k_{cmpc}	Taxa de Financiamento
$\mu_A(x)$	Grau de Pertinência do Conjunto Fuzzy A
a_1	Valor Pessimista do Número Triangular Fuzzy
a_2	Valor mais Provável do Número Triangular Fuzzy
a_3	Valor Otimista do Número Triangular Fuzzy
$l(\alpha)$	Função Inversa da Reta à Esquerda do Número Fuzzy
$r(\alpha)$	Função Inversa da Reta à Direita do Número Fuzzy
$a^{l(\alpha)}$	Valor Fuzzy Esquerdo Definido por α -cuts
$a^{r(\alpha)}$	Valor Fuzzy Direito Definido por α -cuts
x^*	Variável Defuzzificada
x_j	Valor Real da Variável a cada Situação j
$\mu_{saída}(x_j)$	Valor da Função de Pertinência para cada x_j
N	Número de Iterações
$\mu^*(x < 0)$	Possibilidade de Ocorrer Valores Negativos na Saída
x_{min}	Menor Valor de Saída
x_{max}	Maior Valor de Saída
FC^α	Fluxos de Caixa Fuzzy
$FC^{l(\alpha)}$	Fluxos de Caixa Fuzzy Esquerdo
$FC^{r(\alpha)}$	Fluxos de Caixa Fuzzy Direito

i^α	Taxa de Desconto do Investimento Fuzzy
$i^{l(\alpha)}$	Taxa de Desconto do Investimento Fuzzy Esquerda
$i^{r(\alpha)}$	Taxa de Desconto do Investimento Fuzzy Direita
VPL_{fuzzy}^α	VPLFuzzy
$VPL_{fuzzy}^{l(\alpha)}$	VPLFuzzy Esquerdo
$VPL_{fuzzy}^{r(\alpha)}$	VPLFuzzy Direito
VPL^*_{fuzzy}	VPLFuzzy Defuzzyficado
$\mu(VPL_{fuzzy})$	Valor da Função de Pertinência para o VPLFuzzy
$\mu^*(VPL_{fuzzy} < 0)$	Possibilidade de Ocorrer Valores Negativos
$VPL_{fuzzy_{min}}$	Menor Valor do VPLFuzzy
$VPL_{fuzzy_{max}}$	Maior Valor do VPLFuzzy
VT^α	Valor Terminal Fuzzy
$VT^{l(\alpha)}$	Valor Terminal Fuzzy Esquerdo
$VT^{r(\alpha)}$	Valor Terminal Fuzzy Direito
FCE^α	Fluxos de Caixa Líquidos Positivos Fuzzy
$FCE^{l(\alpha)}$	Fluxos de Caixa Líquidos Positivos Fuzzy Esquerdo
$FCE^{r(\alpha)}$	Fluxos de Caixa Líquidos Positivos Fuzzy Direito
VP^α	Valor Presente Fuzzy
$VP^{l(\alpha)}$	Valor Presente Fuzzy Esquerdo
$VP^{r(\alpha)}$	Valor Presente Fuzzy Direito
k_{tr}^α	Taxa de Reinvestimento Fuzzy
$k_{tr}^{l(\alpha)}$	Taxa de Reinvestimento Fuzzy Esquerdo
$k_{tr}^{r(\alpha)}$	Taxa de Reinvestimento Fuzzy Direito
FCS^α	Fluxos de Caixa Líquidos Negativos Fuzzy
$FCS^{l(\alpha)}$	Fluxos de Caixa Líquidos Negativos Fuzzy Esquerdo
$FCS^{r(\alpha)}$	Fluxos de Caixa Líquidos Negativos Fuzzy Direito
k_{cmpc}^α	Taxa de Financiamento Fuzzy
$k_{cmpc}^{l(\alpha)}$	Taxa de Financiamento Fuzzy Esquerda
$k_{cmpc}^{r(\alpha)}$	Taxa de Financiamento Fuzzy Direita
k^α_{tdar}	TDAR Fuzzy
$k^{l(\alpha)}_{tdar}$	TDAR Fuzzy Esquerda

$k^{r(\alpha)}_{tdar}$	TDAR Direita
$TDAR_{baixo\ risco}$	TDAR para Projetos de Baixo Risco
$TDAR_{médio\ risco}$	TDAR para Projetos de Médio Risco
$TDAR_{alto\ risco}$	TDAR para Projetos de Alto Risco
$FC_{mín}$	Valores do Fluxo de Caixa Fuzzy Pessimistas
$FC_{méd}$	Valores do Fluxo de Caixa Fuzzy Mais Prováveis
FC_{max}	Valores do Fluxo de Caixa Fuzzy Otimistas
$i_{mín}$	Taxa de Desconto Fuzzy Pessimista
$i_{méd}$	Taxa de Desconto Fuzzy Mais Provável
i_{max}	Taxa de Desconto Fuzzy Otimista
$k_{cmpc_{mín}}$	Taxa de Financiamento Fuzzy Pessimista
$k_{cmpc_{méd}}$	Taxa de Financiamento Fuzzy Mais Provável
$k_{cmpc_{max}}$	Taxa de Financiamento Fuzzy Otimista
$k_{tr_{mín}}$	Taxa de Reinvestimento Fuzzy Pessimista
$k_{tr_{méd}}$	Taxa de Reinvestimento Fuzzy Mais Provável
$k_{tr_{max}}$	Taxa de Reinvestimento Fuzzy Otimista
$k_{tdar_{mín}}$	Taxa de Desconto Fuzzy Pessimista
$k_{tdar_{méd}}$	Taxa de Desconto Fuzzy Mais Provável
$k_{tdar_{max}}$	Taxa de Desconto Fuzzy Otimista

1 APRESENTAÇÃO

Quando tratamos de avaliação de projetos de investimento os métodos determinísticos que utilizam uma abordagem a partir do fluxo de caixa descontado (FCD) são os mais utilizados por empresas. Estes se caracterizam por terem as condições de projeto, valores de fluxos de caixa e taxas conhecidas e exatas. Os principais exemplos presentes na literatura financeira para estas metodologias de orçamento de capital são o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR).

Segundo Sampaio Filho (2012), diversas deficiências nos métodos determinísticos de orçamento de capital, que serão descritos em capítulo posterior deste trabalho, podem induzir as empresas a erros de interpretação nas decisões de investimento de capital. Em especial o VPL e a TIR têm inspirado pesquisadores a estudarem sobre o assunto e a introduzir diversos ajustes e modificações, com o objetivo de resolver deficiências dos métodos determinísticos. Tais métodos são conhecidos como “métodos modificados”, tendo assim: o Valor Presente Líquido Modificado (VPLM) e a Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRM) como os principais métodos modificados presentes na literatura financeira.

O mesmo autor citado anteriormente, avalia que um problema comum entre avaliações de projetos de investimento consiste na imprecisão das informações referentes a resultados futuros. Muitos estudos foram realizados nas últimas décadas a fim de caracterizar esta imprecisão na avaliação de projetos de investimento em condições de risco, quando todas as informações são conhecidas, como uma distribuição de probabilidade. No entanto essa visão probabilística não oferece uma solução simples para caracterizar a incerteza na avaliação, sendo difícil de implementar.

A teoria Fuzzy simplifica e facilita a análise da incerteza, podendo ser aplicada com valores imprecisos, dados linguísticos e com descrições verbais das relações. Números Fuzzy se mostram muito úteis quando é necessário contabilizar quantitativamente o conhecimento impreciso e relativamente vago de especialistas.

Segundo Kaufmann e Gupta (1985), existe uma outra ferramenta além da análise de probabilidade e da teoria dos conjuntos Fuzzy para caracterizar a imprecisão e a incerteza: a aritmética intervalar. Um número intervalar é a forma mais simples de

representação da imprecisão e da incerteza, onde não existem suposições quanto à forma da incerteza entre os seus limites inferior e superior e todos os tipos de incertezas podem ser transformados em um intervalo, tendo apenas os limites do parâmetro em questão. Além disso, um número intervalar pode ser pensado como um α -cut de um conjunto Fuzzy convexo.

Nesse trabalho será abordado os conceitos de métodos Fuzzy de orçamento de capital, aliados ao conceito do α -cut da aritmética intervalar. Serão demonstrados o método do Valor Presente Líquido Fuzzy (VPLFuzzy) e do Valor Presente Líquido Modificado Fuzzy (VPLMFuzzy).

Durante a realização dessa pesquisa documental exploratória, serão comparados por meio de um exemplo prático realizado com dados do mercado, os métodos: VPL, VPLM, VPLFuzzy e VPLMFuzzy. Dessa maneira poderá ser demonstrado a aplicabilidade, vantagens e limitações de cada método, assim como será possível avaliar como o risco e as incertezas dos projetos de investimento são abordados por cada um destes.

1.1 OBJETIVO

Os objetivos gerais dessa dissertação são:

- Discutir sobre a incerteza na avaliação de projetos de investimento e como ela pode influenciar na tomada de decisão de gestores em empresas;
- Apresentar a lógica Fuzzy e seus principais conceitos de maneira clara e objetiva;
- Apresentar os principais métodos de orçamento de capital determinísticos utilizados pelas empresas na decisão de investimento em projetos;
- Apresentar os principais métodos de orçamento de capital Fuzzy existentes na literatura;

Já o objetivo específico desta dissertação é avaliar e comparar a aplicabilidade dos métodos de orçamento de capital determinísticos: VPL e VPLM, com os métodos de orçamento de capital Fuzzy: VPLFuzzy e VPLMFuzzy, sob condições de incerteza. Além

de demonstrar quais são as respectivas vantagens e limitações de cada método, por meio da exemplificação feita a partir da pesquisa documental exploratória realizada.

1.2 JUSTIFICATIVA DO TEMA

O uso de métodos quantitativos para a avaliação econômico-financeira de investimentos passou a ter mais visibilidade nos últimos anos, isto não só pela necessidade dos investidores em avaliar os passos futuros, mas também pela evolução do sistema financeiro. O ambiente da globalização forçou a evolução da estratégia empresarial e os investimentos e modernização passaram a ser fundamentais (MEIRELES, 2004).

A necessidade de se considerar a incerteza de dados futuros ou da informação de especialistas na avaliação de projetos de investimento é fundamental para melhorar a assertividade dos estudos econômico-financeiros realizados pelas empresas. Apesar da lógica Fuzzy ser diferente da matemática convencional, seu uso não demanda grande complexidade, sendo de fácil aplicação por diversos softwares do mercado já disponíveis.

Comparar métodos determinísticos de orçamento de capital com métodos Fuzzy mais modernos, pode trazer à tona discussões relevantes quanto ao processo decisório nas análises de projetos de investimentos, de como é feita a percepção e contabilização de seus riscos e incertezas, além das vantagens e limitações de cada metodologia analisada.

1.3 METODOLOGIA

Esse trabalho pode ser dividido em duas etapas:

- A primeira parte é uma pesquisa dos conceitos e metodologias que envolvem o assunto abordado;
- A segunda parte envolve uma exemplificação dos conceitos pesquisados por meio da análise de um caso concreto, utilizando dados do mercado;

Segundo Gil (2008), devemos classificar as pesquisas levando em conta os objetivos e os procedimentos técnicos utilizados. Assim, a presente dissertação está classificada da seguinte maneira:

- Quanto aos objetivos - Pesquisa exploratória:
 - Visa produzir uma familiarização com o problema, podendo conter um levantamento bibliográfico e até entrevistas com especialistas da área;
- Quanto aos procedimentos técnicos - Pesquisa documental:
 - A pesquisa documental utiliza registros documentados, que são persistentes e continuados, sendo assim podem ser facilmente consultados. Para esta modalidade de pesquisa científica, qualquer documento que venha a contribuir para a investigação realizada pode ser considerado no trabalho;

1.3.1 PESQUISA EXPLORATÓRIA

Em geral a pesquisa exploratória é um levantamento bibliográfico sobre o assunto que se está analisando.

Uma pesquisa bibliográfica, parte fundamental de qualquer trabalho científico, pode ser definido como uma síntese dos principais trabalhos publicados, de notória importância, por fornecerem dados valiosos e atualizados acerca do tema estudado. Por meio desta pesquisa, o trabalho pode ser melhor organizado, estruturado e fundamentado. Pode ainda mitigar possíveis erros e ajudar o autor a orientar suas investigações e arguições. (MARCONI; LAKATOS, 2003)

Para a realização da revisão bibliográfica foi necessária a pesquisa e estudo de variados textos, publicações científicas, teses e dissertações. A pesquisa se concentrou em trabalhos sobre engenharia de produção, engenharia econômica, mercado financeiro, finanças corporativas e análise de investimentos. A revisão sobre lógica Fuzzy se baseou também em trabalhos da área de sistemas de apoio à decisão.

1.3.2 PESQUISA DOCUMENTAL

Mesmo após serem submetidas com sucesso a testes empíricos, as hipóteses não perdem seu caráter precário, pois a qualquer momento, basta que outro pesquisador apresente novos indícios, explicações ou evidências, que as hipóteses feitas estarão em xeque quanto a suas afirmações e retirando assim sua credibilidade. (GIL, 2008)

A aplicação de um exemplo prático a partir desta pesquisa documental consistiu na avaliação de um projeto de investimento de uma empresa real, utilizando um documento público fornecido pela mesma, por meio da comparação de dois métodos determinísticos e dois métodos Fuzzy, respectivamente: VPL, VPLM, VPLFuzzy e VPLMFuzzy.

As etapas percorridas durante a exemplificação realizada, foram as seguintes:

- Pesquisa dos dados financeiros referentes ao projeto da empresa, sendo o principal, o fluxo de caixa do projeto de investimento estudado;
- Pesquisa de informações micro e macroeconômicas do setor que possam trazer incertezas ao projeto;
- Pesquisa de informações diversas, caso relevantes, relacionadas ao mercado que a empresa está inserida, que possam trazer incertezas ao projeto;
- Criação das planilhas eletrônicas para realização dos cálculos do VPL, VPLM, VPLFuzzy e VPLMFuzzy;
- Análise e comparação dos resultados obtidos, pontuando as vantagens e limitações dos modelos apresentados;

1.4 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

O documento mais recente referente às áreas da engenharia de produção e suas subáreas, foi elaborado pela Comissão de Graduação da ABEPRO e aprovado nas reuniões do Grupo de Trabalho de Graduação ocorridas no ENCEP 2017 e no ENEGEP 2017.

As grandes áreas de conhecimento da Engenharia de Produção que foram definidas são:

- 1) Engenharia de Operações e Processos da Produção;
- 2) Logística;
- 3) Pesquisa Operacional;
- 4) Engenharia da Qualidade;
- 5) Engenharia do Produto;
- 6) Engenharia Organizacional;
- 7) Engenharia Econômica;
- 8) Engenharia do Trabalho;
- 9) Engenharia da Sustentabilidade;
- 10) Educação em Engenharia de Produção;

Esta dissertação se enquadra na grande área da Engenharia Econômica, que segundo a Comissão de Graduação da ABEPRO, consiste na formulação, estimação e avaliação de resultados econômicos para avaliar alternativas para a tomada de decisão, consistindo em um conjunto de técnicas matemáticas que simplificam a comparação econômica. As subáreas que compreendem a Engenharia Econômica são: Gestão Econômica, Gestão de Custos, Gestão de Investimentos e Gestão de Riscos.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Essa dissertação está dividida em sete capítulos e um apêndice, descritos a seguir:

No primeiro capítulo é feita a apresentação do trabalho e uma breve introdução, definido o objetivo, justificada a escolha do tema, explicada a metodologia adotada e contextualizado o tema dentro da Engenharia de Produção.

O capítulo dois consiste nos conceitos básicos sobre análise de investimentos em projetos. Neste capítulo aborda-se conceitos importantes para a compreensão do estudo feito, como o fluxo de caixa, a taxa mínima de atratividade, a taxa de desconto ajustada ao risco e conceitos sobre incertezas nos investimentos em projetos.

Os métodos tradicionais de orçamentos de capital são apresentados no capítulo três. Esses métodos são todos determinísticos e suas limitações também são descritas no capítulo.

O capítulo quatro apresenta os métodos modificados de orçamento de capital. Também são demonstradas as principais vantagens e as principais limitações na aplicação desses métodos.

O quinto capítulo, inicia apresentando a lógica Fuzzy em seu estado da arte, bem como os conceitos para sua aplicação. Em seguida são apresentados dois métodos de orçamento de capital sob condições de incerteza utilizando a lógica Fuzzy, um tradicional e um modificado, bem como são explicitadas as vantagens e limitações para a utilização desses métodos.

O sexto capítulo compreende o exemplo prático da pesquisa documental exploratória (por meio de um caso real de mercado) e os resultados obtidos. São demonstrados o cenário, os dados e as incertezas inerentes ao projeto de investimento analisado. Foram aplicados e comparados quatro métodos de orçamento de capital, sendo dois determinísticos e dois Fuzzy.

As considerações finais são apresentadas no capítulo sete, onde estão conclusões sobre os métodos avaliados na pesquisa documental exploratória, limitações e recomendações para o uso desses métodos em avaliações de projetos de investimento sob condições de incerteza. Também contém as propostas para trabalhos futuros.

2 CONCEITOS BÁSICOS

2.1 ANÁLISE DE PROJETOS DE INVESTIMENTO

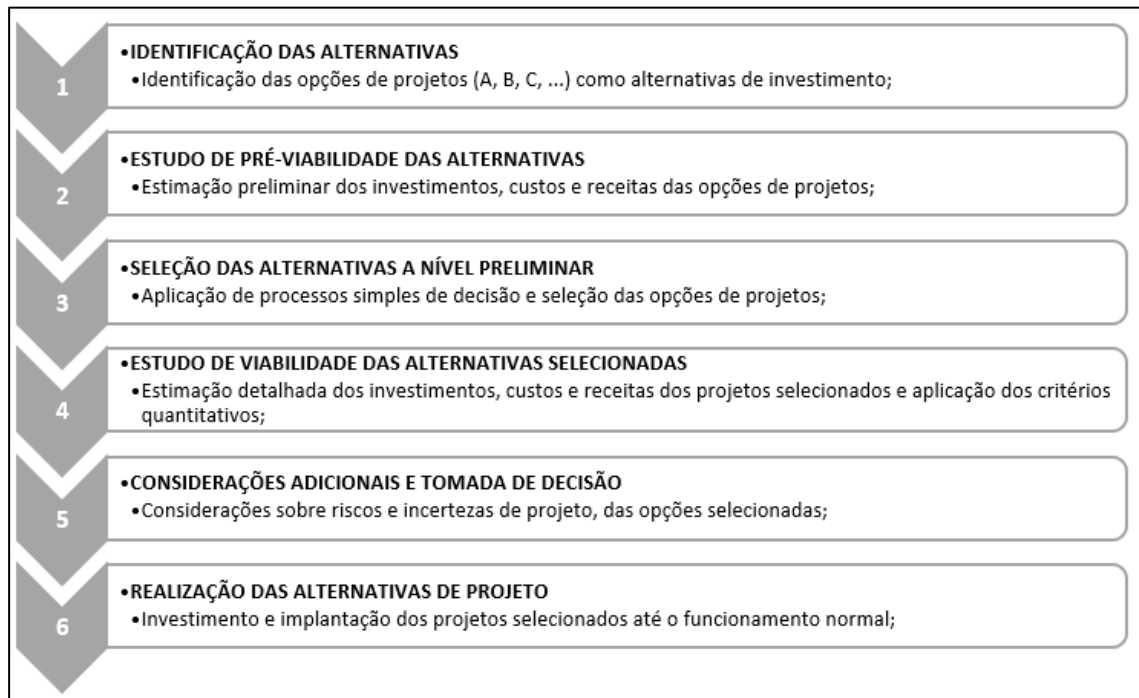
A análise de projetos de investimento é um processo de obtenção e organização de informações econômicas, financeiras e técnicas. Esta análise ajuda a administração da empresa na tomada de decisão a respeito da alocação do seu capital em novos empreendimentos. Pode-se definir então um projeto de investimento como qualquer aplicação de recursos destinada a criar valor futuro para os acionistas ou proprietários da empresa.

Nem todos os projetos de investimento de capital vão apresentar o mesmo nível de risco que os projetos existentes na empresa. O administrador financeiro deve ajustar os projetos a seus diferentes riscos, ao decidir se serão ou não aceitáveis. Sem esta análise, a administração poderia aceitar equivocadamente projetos que destroem valor, ou rejeitar aqueles que criariam valor para o acionista. Para ter certeza que nenhuma das duas hipóteses aconteça, o administrador financeiro deve fazer com que sejam recomendados apenas os projetos que criarão valor para o acionista. (GITMAN, 2010)

2.2 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE PROJETOS DE INVESTIMENTO

Segundo NEVES (1981) a metodologia de análise de projetos de investimentos pode ser esquematizada de diversas maneiras. Qualquer tentativa de dividi-la em fases é uma simplificação do que ocorre na realidade, já que o processo de decisão de investir é realizado iterativamente, seguindo um “raciocínio não-linear”. Entretanto, para melhor compreensão da metodologia de análise de investimentos, apresenta-se a divisão em fases, com suas respectivas realizações, conforme se observa na sugestão presente na figura 1.

Figura 1: Fases da Análise de Projetos de Investimentos



Fonte: Adaptado de César das Neves (1981)

2.3 FLUXO DE CAIXA

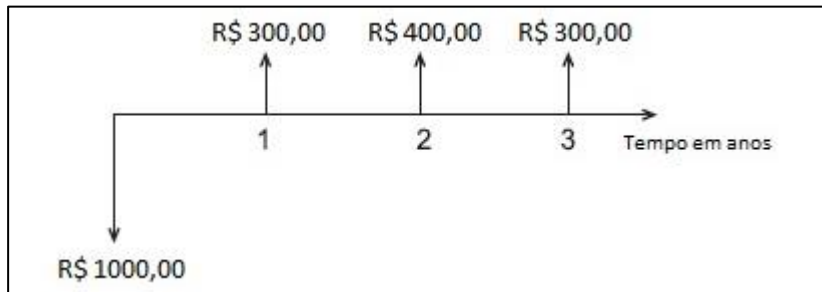
Segundo Gitman (2010), como os problemas de orçamento de capital envolvem receitas e despesas que ocorrem em intervalos de tempo diferentes, adota-se na maioria das vezes uma representação na forma de um diagrama ou de uma tabela, que permita a visualização do fluxo de caixa do projeto de investimento.

Considera-se as seguintes convenções durante a elaboração de um diagrama de fluxo de caixa:

- A linha horizontal representa períodos de tempo e os pontos nela indicam o fim de um período ou o início do período seguinte;
- As receitas e as despesas são consideradas como ocorrendo no fim de um período de tempo, mesmo que elas estejam distribuídas ao longo deste. Essa simplificação afeta pouco as comparações das alternativas na maioria das vezes;
- As receitas e as despesas são representadas por flechas verticais. As flechas para cima são as receitas e representam os fluxos de caixa de entrada (valores

positivos). Já as flechas para baixo são as despesas e representam os fluxos de caixa de saída (valores negativos);

Figura 2: Diagrama de Fluxo de Caixa: Exemplo



Fonte: Elaboração própria

O exemplo diagrama de fluxo de caixa da figura 2 representa um projeto com um desembolso (investimento inicial) de R\$1.000 no ano zero e que produziu receitas de R\$300,00 no ano 1, R\$400,00 no ano 2 e R\$300,00 no ano 3.

Pode-se também representar esse mesmo diagrama citado na figura 2, da maneira apresentada na tabela 1.

Tabela 1: Fluxo de Caixa: Exemplo

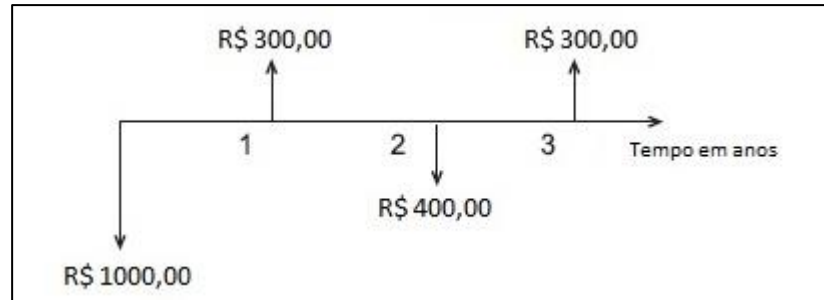
ANO	VALOR
0	-1000
1	300
2	400
3	300

Fonte: Elaboração própria

Em um projeto convencional, existe um investimento inicial e fluxos de caixa positivos daí em diante, e apenas uma TIR. Quando há mais do que uma mudança de sinais nos fluxos de caixa, isto é, os fluxos de caixa vão do negativo para o positivo e voltam para o negativo, haverá mais de uma TIR e podemos chamar esse projeto de

investimento de não-convencional. Na figura 3 está apresentado o diagrama para esse fluxo de caixa não-convencional. (DAMODARAN, 2004)

Figura 3: Diagrama de Fluxo de Caixa Não-Convencional: Exemplo



Fonte: Elaboração própria

2.4 TAXA MÍNIMA DE ATRATIVIDADE (TMA)

De acordo com Rebelatto (2004), já que o dinheiro tem valor no tempo, alguns métodos de análise de investimentos de projetos sugeridos pela engenharia econômica requerem a definição de uma taxa de juros para equacionamento. Essa taxa deve ser um parâmetro balizador na decisão de aceitar ou rejeitar um investimento. Chama-se essa taxa pelo nome de taxa mínima de atratividade (TMA).

A TMA pode ser compreendida como sendo o custo de oportunidade da empresa, sendo essa taxa o grau de sacrifício feito ao se optar por uma alternativa de investimento em detrimento de outra que ofereça menor risco. Normalmente essa taxa é o custo de capital da empresa ou o retorno médio esperado pelos investidores em seus projetos. (DAMODARAN, 2004)

Deve-se utilizar a TMA como a taxa mínima aceitável de retorno do capital para que um projeto de investimento não de prejuízo. Assim, se utiliza essa taxa como uma taxa de desconto em métodos de orçamento de capital, como por exemplo no VPL.

Segundo Motta (2009), é comum as empresas utilizarem dois conceitos diferentes para estabelecer a TMA: o custo médio ponderado de capital (CMPC) e o custo marginal de capital (CMgC). O CMPC, também conhecido como WACC (sigla em inglês para Weighted Average Cost of Capital), é calculado através da média ponderada dos custos

das fontes de financiamento que a empresa utiliza, levando-se em consideração as taxas de captação e os montantes captados. As principais fontes de captação são:

- Capital próprio interno (reinvestimento dos lucros);
- Emissão de ações ordinárias (ações com direito à voto no conselho de acionistas);
- Emissão de ações preferenciais (ações normalmente sem direito à voto, mas com preferência na distribuição dos dividendos);
- Capital de terceiros (dívidas externas);

Já o CMgC está relacionado com o custo do capital para uma determinada oportunidade de investimento ou projeto especificamente. Sendo assim, o retorno obtido por uma oportunidade de investimento deve sempre ser superior ao seu custo marginal de capital para essa oportunidade.

2.5 CONCEITO DE RISCO

Conforme definição encontrada em Baraldi (2010), o risco pode ser definido como elementos incertos que não condizem com as expectativas. O risco influencia diretamente nas metas e nos objetivos do investimento, podendo até acarretar em prejuízos. Entretanto, quando administrado corretamente, consegue gerar diversas oportunidades positivas, especialmente quanto ao retorno financeiro do investimento. As condições que geram risco podem não ser apenas devido ao projeto escolhido, mas também quanto a aspectos que envolvem a atmosfera da empresa.

Os riscos dos investimentos em projetos devem ser avaliados pelos métodos existentes. Ao se utilizar fluxos de caixa futuros de um projeto estimados, existe o risco deste divergir do esperado. Neste caso, existem dois métodos para avaliar tal risco: usar fluxos de caixa equivalentes à certeza, ajustando os fluxos de caixa ao risco, ou usar uma taxa de desconto ajustada ao risco (TDAR). (GITMAN, 2010)

2.5.1 FLUXO DE CAIXA EQUIVALENTE À CERTEZA

Segundo descrito em Meirelles (2004), o método do fluxo de caixa equivalente à certeza consiste em utilizar fatores de ajuste ao risco que representam a porcentagem de um fluxo de caixa, considerada como certa, ao invés de fluxos de caixa possíveis, a cada período de tempo.

Por meio do exemplo presente na equação (1), demonstra-se como fica a expressão quando fatores de ajuste ao risco são utilizados na formulação do VPL, cuja apresentação do método ocorrerá no capítulo 3 dessa dissertação.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{\alpha_t \cdot FC_t}{(1 + r_f)^t} - II \quad (1)$$

Onde:

t = período considerado: 0,1,2,3...n;

α_t = fator de ajuste ao risco equivalente à certeza no período t ($0 \leq \alpha_t \leq 1$);

FC_t = fluxo de caixa no período t ;

r_f = taxa de retorno livre de risco;

II = Investimento inicial;

A equação (1) apresenta um projeto que está ajustado ao risco, já que transformou os fluxos de caixa em montantes equivalentes à certeza ($\alpha_t \cdot FC_t$). Dessa maneira, os fluxos de caixa deverão ser descontados pela taxa de juros livre de risco (r_f), para que tal risco não seja contabilizado de maneira duplicada.

Tal abordagem do fluxo de caixa equivalente à certeza, também pode ser aplicada com a TIR. A decisão de aceitar ou rejeitar o projeto é feita comparando-se a TIR do fluxo de caixa ajustado ao risco com a r_f .

2.5.2 TAXA DE DESCONTO AJUSTADA AO RISCO (TDAR)

De acordo com Gitman (2010), no método da TDAR, o risco associado a um projeto é atrelado à taxa de desconto utilizada na aplicação dos métodos de orçamento de capital. Geralmente, a TDAR é calculada de acordo com o CMPC. Projetos de investimento considerados de médio risco são descontados ao CMPC. Entretanto, os projetos de baixo risco são descontados a uma taxa menor do que o CMPC e os de alto risco, a uma taxa maior.

Pode-se definir então a TDAR como a taxa de retorno que deverá ser utilizada em um projeto, para compensar adequadamente os investidores pelo risco que estão correndo com seu capital. Quanto maior for o risco associado ao investimento, maior deverá ser a TDAR. (GITMAN,2010)

Não existe uma maneira ótima para o estabelecimento de quanto exatamente mais altas ou mais baixas do que a CMPC, a TDAR deve ser. Os ajustes para a consideração do risco são necessariamente dependentes do discernimento dos tomadores de decisão e definidas por meio da experiência dos especialistas. (WESTON; BRIGHAM, 2004)

A expressão básica para o VPL, quando a TDAR é utilizada, está demonstrada na equação (2).

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

Onde:

FC_t = fluxo de caixa no período t;

$TDAR$ = taxa de desconto ajustada ao risco;

II = Investimento inicial;

Meirelles (2004) enfatiza que, assim como a abordagem de fluxo de caixa equivalentes à certeza, a TDAR pode ser aplicada tanto com o VPL, como com a TIR. Quando a TIR é utilizada para a avaliação de um investimento, a TDAR é a taxa de corte, a qual deve ser excedida pela TIR para que o projeto seja aceito. Quando o VPL é utilizado

para a avaliação de um projeto de investimento, os fluxos de caixa devem ser descontados pela TDAR.

2.6 TIPOS DE INCERTEZAS

Segundo o demonstrado em Pamplona e Montevechi (2006), quanto maior for a vida do projeto, maiores as chances de se ter problemas com estimativas feitas na época da análise econômica do investimento. Existem diversos fatores que contribuem para a incerteza nos projetos de investimento. Dentre esses fatores pode-se citar alguns, como:

- Fatores econômicos;
 - Oferta subdimensionada ou superdimensionada;
 - Dimensionamento incorreto do projeto;
 - Alteração de produtos e subprodutos da empresa;
 - Aumento dos custos da matéria-prima;
 - Investimentos não previstos na concepção do projeto;
- Fatores financeiros;
 - Capital insuficiente;
 - Falta de capacidade de pagamento das obrigações financeiras;
- Fatores técnicos;
 - Processo inadequado;
 - Matéria-prima inadequada;
 - Tecnologia inadequada;
- Outros fatores diversos;
 - Fatores políticos;
 - Fatores institucionais;
 - Greve de trabalhadores;
 - Clima;
 - Inflação;

2.7 INCERTEZA NOS INVESTIMENTOS EM PROJETOS

O conceito de incerteza reflete as dúvidas sobre variáveis do projeto de investimento a ser analisado. Com relação ao fluxo de caixa, a incerteza aumenta proporcionalmente ao número de períodos contemplados no estudo. Quanto mais longo for o fluxo de caixa, maiores as incertezas sobre seus valores futuros. Durante a tomada de decisão acerca de um investimento, são realizadas diversas previsões, que podem não se efetivar, repercutindo diretamente no índice de sucesso do projeto de investimento.

Segundo Gitman (2010), além de se estimar cuidadosamente os dados de entrada, há duas maneiras de lidar com as incertezas em relação ao fluxo de caixa. A primeira é elaborar fluxos de caixa baseados em três premissas: otimistas, prováveis e pessimistas. Com base nestas premissas, pode-se determinar quanto capital obtido por meio de financiamento será necessário para abonar a situação menos vantajosa ao investidor. O uso de diferentes cenários, também deve dar ao administrador uma ideia do risco das diferentes alternativas. Essa análise de cenários, mais conhecida por análise de sensibilidades, é frequentemente usada para analisar fluxos de caixa sob diferentes circunstâncias.

O autor citado anteriormente apresenta ainda que há outra maneira, mais sofisticada, de lidar com a incerteza nos fluxos de caixa, que é a simulação. Por meio da simulação de ocorrência de eventos incertos em relação a vendas e outros aspectos, a empresa pode desenvolver uma distribuição probabilística dos fluxos de caixa finais de cada período de tempo. O investidor pode então, usar essa distribuição para determinar o montante de financiamento necessário para dar à empresa proteção adequada contra um déficit de caixa.

2.7.1 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

O objetivo principal da análise de investimento é procurar pelo projeto que irá gerar um maior retorno financeiro para a empresa. Essa análise deve levar em conta os fatores que influenciam nos resultados dos investimentos, procurando sempre elaborar a previsão dos fluxos de caixa futuros da maneira mais meticulosa possível. (PAMPLONA; MONTEVECHI, 2006)

Utilizando a análise de sensibilidade o tomador de decisão pode tratar o problema das incertezas presente no orçamento de capital determinístico, principalmente no método do VPL. O método tradicional de análise de sensibilidade visa a medição dos efeitos sobre a rentabilidade do projeto de investimento, quando uma variável de entrada é alterada. Cada variável precisa ser analisada individualmente acerca de sua influência nas respostas geradas pelo método de orçamento de capital utilizado. Assim, o investidor consegue ter noção das incertezas que podem afetar de maneira significativa os resultados do projeto. Na conclusão desta análise, deve-se destacar as variações proporcionais geradas por cada variável, ou seja, quanto a variável tem que oscilar para ocasionar uma determinada alteração no resultado do projeto observado. (SANCHES et al.,2003)

Os autores citados anteriormente também citam que é possível se analisar a sensibilidade das variáveis em conjunto, por meio de cenários, no entanto a iteração entre tais variáveis não é revelada por tal método, podendo existir uma relação de dependência entre elas. Por existir essa deficiência, utiliza-se métodos de simulação de cenários que possam modelar tais relações para serem melhor analisadas. Tais metodologias não são objeto de investigação dessa dissertação, mas pode-se destacar algumas técnicas para o caso de o leitor querer se aprofundar na investigação do assunto, como: DOE (*Design of Experiments*), Monte Carlo, dentre outros.

As análises de sensibilidade podem indicar diversas relações entre as variáveis observadas e o resultado do projeto de investimento. Tais relações são classificadas como:

- Direta ou inversa: Se a variável gera uma influência no resultado no mesmo sentido da oscilação realizada (positiva ou negativa);
- Simétrica ou assimétrica: Se a variável possui uma influência no resultado que seja proporcional a cada passo de oscilação realizada;

3 MÉTODOS TRADICIONAIS DE ORÇAMENTO DE CAPITAL

Métodos determinísticos baseados em FCD são os mais comumente encontrados na literatura financeira para análise de investimentos. Os métodos descontados de orçamento de capital mais utilizados pelas empresas nas decisões de investimento são: VPL, TIR, o Índice de Lucratividade (IL) e o Payback descontado. O método do VPL é recomendado pela maioria dos autores dos livros de finanças como sendo o método mais adequado à seleção de projetos de investimento.

O princípio básico que sustenta os métodos de FCD é, segundo Ross (2000) um dos conceitos mais importantes em finanças empresariais: o conceito de valor do dinheiro no tempo.

3.1 VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)

O método determinístico do VPL consiste em se descontar os fluxos de caixa da empresa a uma taxa específica e subtrair o investimento inicial realizado. Essa taxa é usualmente apelidada de taxa de desconto, custo de oportunidade, custo de capital, ou TMA. Sendo esta última, a terminologia mais encontrada na literatura da área. (GITMAN, 2010)

Pelo fato de considerar o valor do dinheiro no tempo, já que é baseado em FCD, o VPL pode ser considerado como um método primário e aperfeiçoado de orçamento de capital.

A equação (3) apresenta a expressão geral para se calcular o VPL determinístico.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} - II \quad (3)$$

Onde:

FC_t = fluxo de caixa no período t;

k = taxa de desconto;

II = Investimento inicial;

Para selecionar o investimento por esse método, considerando duas ou mais alternativas, utiliza-se a de maior VPL positivo, assim se o VPL negativo deve-se rejeitar o projeto de investimento e se for igual a zero existe indiferença quanto a decisão de investir. A grande vantagem para seu uso como indicador para avaliação de investimentos sustenta-se na noção do quanto o projeto dará de retorno financeiro para a empresa, valor esse representado pelo próprio resultado do VPL.

3.2 TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Segundo Ross (2000), a TIR pode ser explicada como a taxa de desconto de um investimento que resultará em um VPL igual a zero. Para o autor, a TIR é a melhor alternativa ao VPL. A TIR pode ser encontrada na literatura com outros nomes, como: taxa interna de juros, taxa de rentabilidade ou retorno do fluxo de caixa descontado.

Conforme explicitado em Damodaran (2004), para achar a TIR do investimento, é preciso calcular a taxa de desconto onde os investimentos se igualem as entradas do fluxo de caixa a valor presente. Em suma, deve-se encontrar as raízes da equação (4).

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} - II \quad (4)$$

Onde:

FC_t = fluxo de caixa no período t ;

TIR = Taxa Interna de Retorno;

II = Investimento inicial;

O critério para aceitação de um projeto de investimento pelo método TIR é aceitar projetos em que a TIR seja maior que a TMA, rejeitar todos em que a TIR seja menor que a TMA e se a TIR for igual a TMA existe uma indiferença quanto ao investimento. Os problemas com a TIR surgem quando os fluxos de caixa do projeto são não-convencionais (não possuem apenas o primeiro fluxo de caixa negativo e os outros positivos) ou quando

se compara dois ou mais projetos que sejam mutuamente excludentes. No caso de projetos não-convencionais, a obtenção da TIR pode se tornar muito difícil de resolver matematicamente, visto que é necessário um processo iterativo para se encontrar as raízes da equação (4). No caso dos projetos mutuamente excludentes, o método da TIR pode levar a decisões de investimento erradas. (ROSS, 2000)

3.3 ÍNDICE DE LUCRATIVIDADE (IL)

Segundo Damodaran (2004), o IL é o método mais simples de incluir a restrição de capital na análise de projetos de investimento. Esse método proporciona uma medida aproximada do VPL que a empresa consegue por cada unidade monetária que investe.

O IL é a relação entre o valor presente dos fluxos de caixa positivos e o valor presente dos fluxos de caixa negativos descontados à TMA, ou seja, mostra o número de vezes que as receitas cobrem os investimentos no projeto em valores atualizados. É considerado um método auxiliar que pode ajudar os investidores na escolha da melhor entre várias alternativas de projeto. (SAMPAIO FILHO, 2014)

Pode-se expressar o IL conforme a equação:

$$IL = \frac{\sum_{t=0}^n FCE_t(1+k)^{-t}}{\sum_{t=0}^n FCS_t(1+k)^{-t}} \quad (5)$$

Onde:

FCE_t = fluxos de caixa líquidos positivos no período t;

FCS_t = fluxos de caixa líquidos negativos no período t;

k = taxa de desconto (custo de capital);

IL = índice de lucratividade;

O critério para aceitação de um projeto de investimento pelo método do índice de lucratividade é aceitar projetos quando este for maior que 1, rejeitar quando for menor que 1 e é indiferente quando for igual a 1.

3.4 PAYBACK DESCONTADO

De acordo com o exposto em Damodaran (2004), o Payback de um projeto é uma medida da velocidade com que os fluxos de caixa positivos gerados pagam pelo investimento inicial realizado. Quanto mais rápidos em retornar o investimento feito, mais atraentes serão os projetos, visto que todos os fluxos de caixa positivos obtidos além do período de Payback podem ser considerados como lucro. Além disso, projetos que retornam seu investimento mais cedo são considerados projetos menos arriscados, já que um componente importante do risco é a possibilidade de que a empresa possa perder parte, ou até todo o dinheiro que investiu.

Normalmente quando se fala apenas em Payback na literatura, estão se referindo ao payback tradicional. A principal deficiência do payback tradicional, é a sua incapacidade de determinar qual o período ideal de recuperação do investimento inicial, tendo em vista o objetivo de maximizar a riqueza do acionista, já que esse método não se baseia em fluxos de caixa descontados para analisar se estes adicionam valor à empresa.

O método do Payback descontado por outro lado, considera o valor do dinheiro no tempo, diferentemente do que ocorre no Payback tradicional. O período de Payback descontado pode então ser definido como, a quantidade de períodos necessários para que ocorra a recuperação dos investimentos realizados, visando os fluxos de caixa líquidos descontados. (BRIGHAM et al., 2001)

O Payback descontado é aplicável a projetos de investimentos que apresentem fluxos de caixa com as seguintes características apresentadas na equação (6).

$$FC_0 < 0 \text{ e } FC_j \geq 0, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (6)$$

O Payback descontado é calculado conforme as expressões demonstradas na equação (7).

$$\text{Payback Descontado} = t, \text{ tal que: } \sum_{j=0}^{t-1} \frac{FC_j}{(1+k)^j} < 0 \text{ e } \sum_{j=0}^t \frac{FC_j}{(1+k)^j} \geq 0 \quad (7)$$

Onde:

FC_j = fluxo de caixa no período j ;

k = taxa de desconto;

t = período considerado: 0,1,2,3...n;

Geralmente as empresas empregam os métodos de Payback como uma regra secundária para a tomada de decisão e a utilizam como uma limitação no momento de decidir. Por exemplo, ao escolher entre projetos que têm o mesmo retorno sobre o capital, aceitaríamos aquele com o período de Payback mais curto. (DAMODARAN, 2004)

4 MÉTODOS MODIFICADOS DE ORÇAMENTO DE CAPITAL

De acordo com Torres (2006), existem duas correntes na teoria de orçamento de capital que divergem quanto ao reinvestimento dos fluxos de caixa intermediários de um projeto. A corrente da atualização (clássica) diz que se deve calcular a diferença entre valores atuais e valores futuros conforme o modelo de atualização proposto nos métodos tradicionais de orçamento de capital. Essa corrente prefere o uso do VPL em suas análises de investimentos, sendo a TIR para eles um método que deve ser utilizado com restrições.

A outra corrente que o autor comenta é a chamada corrente do investimento. Nessa corrente se considera o reinvestimento dos fluxos de caixa intermediários de um projeto além da utilização de taxas de desconto diferentes no projeto de investimento. Por isso, para esta corrente os métodos modificados de orçamento de capital são muito utilizados, já que se utilizam destes conceitos em seus cálculos, para assim, eliminar inconsistências e deficiências que existem nos métodos de FCD tradicionais de orçamento de capital.

Assim sendo, a principal hipótese dos métodos modificados se baseia no fato de que as taxas de financiamento (k_{cmpc}) e reinvestimento (k_{tr}) da empresa são utilizadas para descontar os dos fluxos de caixa intermediários do projeto, ao invés de utilizar apenas a taxa de desconto ajustada ao risco Fuzzy da empresa (k_{tdar}).

4.1 VALOR PRESENTE LÍQUIDO MODIFICADO (VPLM)

Em Mcclure e Girma (2004), foi pela primeira vez proposto o método do VPLM que será analisado nessa dissertação.

O VPL tradicional apresenta deficiências que podem levar a erros de interpretação na escolha dos investimentos. Segundo os autores citados anteriormente, tais deficiências dos métodos tradicionais são devidos a:

- Os fluxos de caixa intermediários positivos serem reinvestidos à TDAR, em vez da k_{tr} ;
- Os fluxos de caixa negativos intermediários, serem descontados à TDAR, em vez da k_{cmpc} ;

O VPLM é calculado conforme a seguir:

$$VPLM = \frac{\sum_{t=0}^n FCE_t (1 + k_{tr})^{n-t}}{(1 + k_{tdar})^n} + \sum_{t=0}^n \frac{FCS_t}{(1 + k_{cmpc})^t} \quad (8)$$

Onde:

FCE_t = fluxos de caixa líquidos positivos no período t;

FCS_t = fluxos de caixa líquidos negativos no período t;

k_{tr} = taxa de reinvestimento;

k_{tdar} = taxa de desconto ajustada ao risco;

k_{cmpc} = taxa de financiamento;

Da equação (8) pode-se simplificar seus termos para melhor entendimento, de modo que sejam definidos o Valor Terminal (VT) e o Valor Presente (VP), apresentados nas equações (9) e (10) respectivamente.

$$VT = \sum_{t=0}^n FCE_t (1 + k_{tr})^{n-t} \quad (9)$$

$$VP = \sum_{t=0}^n \frac{FCS_t}{(1 + k_{cmpc})^t} \quad (10)$$

Onde:

VT = Valor Terminal;

VP = Valor Presente;

Simplificando a equação (8) e utilizando as substituições de apresentadas em (9) e (10), chega-se finalmente ao apresentado na equação (11).

$$VPLM = \frac{VT}{(1 + k_{tdar})^n} - VP \quad (11)$$

O critério de decisão do investimento pelo método do VPLM é igual ao método tradicional do VPL, ou seja, VPLM positivo acarreta em aceitar o projeto, VPLM negativo em rejeitar e caso seja igual a zero indica indiferença quanto ao projeto de investimento.

4.2 TAXA INTERNA DE RETORNO MODIFICADO (TIRM)

Diversas abordagens para a TIRM já foram amplamente exploradas na literatura financeira. No geral, cada variação do método produz uma taxa de retorno específica que iguala o VP, dos fluxos de caixa negativos, com o VT, que representa o valor futuro de todos os fluxos de caixa positivos no período final de um projeto de investimento. (SAMPAIO FILHO, 2012)

A abordagem mais comumente encontrada na literatura financeira é a apresentada por Plath e Kennedy (1994) e por isso será a abordada neste trabalho. Segundo os autores, as principais vantagens do método da TIRM proposto por eles são:

- Resolve a questão das múltiplas taxas internas de retorno, quando os projetos possuem fluxos de caixa não-convencionais (quando apresentam mais de uma mudança de sinal);
- Substitui a necessidade do uso de uma única taxa de reinvestimento da Taxa Interna de Retorno (normalmente o custo de capital), por taxas que a empresa estabeleça (taxa de reinvestimento e taxa de financiamento);

A equação (12) apresenta a fórmula proposta em Plath e Kennedy (1994).

$$\sum_{t=0}^n \frac{FCS_t}{(1 + k_{cmpc})^t} = \frac{\sum_{t=1}^n FCE_t (1 + k_{tr})^{n-t}}{(1 + TIRM)^n} \quad (12)$$

Onde:

FCE_t = fluxos de caixa líquidos positivos no período t;

FCS_t = fluxos de caixa líquidos negativos no período t;

k_{tr} = taxa de reinvestimento;

k_{cmpc} = taxa de financiamento;

$TIRM$ = Taxa Interna de Retorno Modificada;

É ainda possível simplificar a equação (12) com a mesma substituição feita na equação (11), utilizando (10) e (9). Realizando a substituição dos termos análogos e reorganizando a expressão em função de $TIRM$, obtém-se a equação (13).

$$TIRM = \left[\frac{VT}{VP} \right]^{1/n} - 1 \quad (13)$$

Os critérios para aceitação do projeto de investimento pelo método da $TIRM$ são iguais ao da TIR convencional. Se a $TIRM$ for maior que a TMA aceitar o projeto, se for menor que a TMA rejeitar e se a $TIRM$ for igual a TMA , é indiferente o investimento conforme a análise do método.

5 LÓGICA FUZZY NA ANÁLISE DE INVESTIMENTOS DE PROJETOS

5.1 CONCEITOS DE LÓGICA FUZZY

A lógica Fuzzy é também conhecida pelo nome de lógica difusa ou nebulosa. Seu principal objetivo é o de simular o pensamento humano, que costuma ser algo incerto ou impreciso de se definir, como a possibilidade de capturar em um modelo matemático, conceitos intuitivos como grau de satisfação, conforto e adequação.

Como um exemplo de aplicação da lógica Fuzzy pode-se supor que em uma determinada cidade a temperatura varia entre 15 e 42°C. Pergunta-se a um grupo de habitantes sobre sua sensação térmica, que deveria ser escolhida entre diferentes alternativas (fria, neutra, quente). Provavelmente haveria consenso que a 15°C a sensação térmica é fria, a 42°C seria quente e a 25°C poderia ser considerada neutra. Mas em que temperatura a sensação fria se torna neutra e a neutra se torna quente? Dificilmente vai ocorrer coincidência de opiniões nas respostas a essa pergunta, tendo em vista que os conceitos envolvidos são subjetivos, não se conseguirá escolher entre duas alternativas mutuamente exclusivas simplesmente porque ambas poderão estar parcialmente presentes. Através da lógica Fuzzy o problema poderia ser interpretado de maneira em que as temperaturas não apresentem fronteiras rígidas entre os limites das faixas de temperatura. Isto seria possível representado a concepção de frio, neutro e quente como um número ou conjunto Fuzzy, que conteria uma faixa de valores possíveis para as temperaturas consideradas de cada uma, que poderiam se sobrepor em certos momentos. (OLIVEIRA JÚNIOR,1999)

5.1.1 INTRODUÇÃO À LÓGICA FUZZY

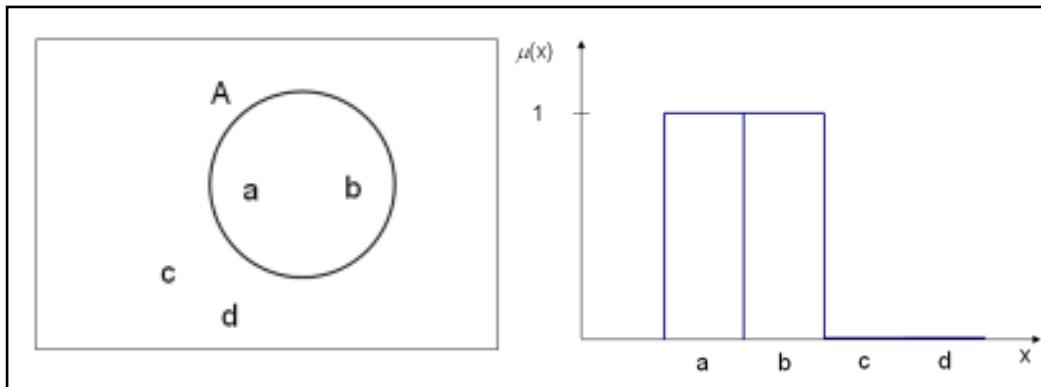
Através da publicação do artigo “Fuzzy Sets” no “Jornal Information and Control” em 1965, Lofti Asker Zadeh introduziu pela primeira vez o conceito de lógica Fuzzy ao meio científico. O objetivo da teoria criada por Zadeh, se baseia em determinar um grau de pertinência que indicará quanto um elemento pertence a um determinado conjunto.

Esse grau é definido para valores reais no intervalo $[0,1]$, ao invés do utilizado pela lógica booleana: verdadeiro (1) e falso (0).

A lógica booleana é a estruturação da lógica clássica proposta por Aristóteles, baseada no princípio da bivalência. Espera-se sempre que uma afirmação seja verdadeira ou falsa, branco ou preto, um ou zero. Nada está entre elas e o meio está excluído. Por exemplo, quando tratamos das cores preto e branco, existe um número infinito de graus de cinza entre elas e a lógica Fuzzy tem o objetivo de capturar esses tons de cinza, ou graus de verdade. (SHAW; SIMÕES, 1999)

Na figura 4 pode-se observar o conceito de lógica clássica resumidamente.

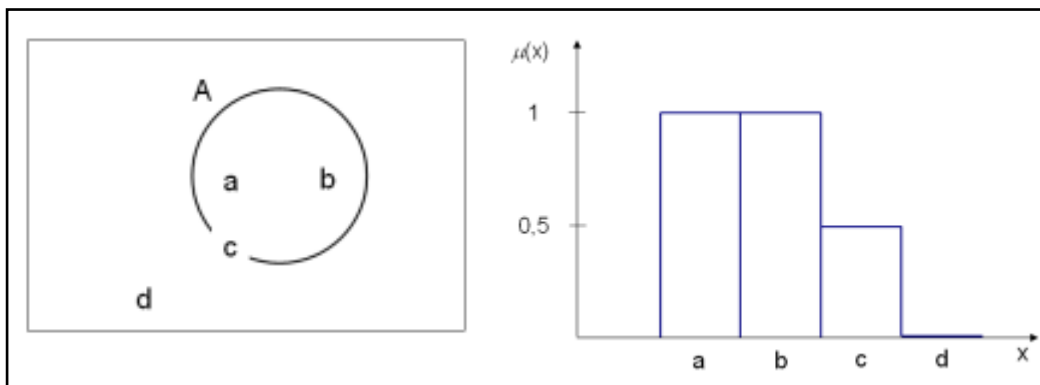
Figura 4: Lógica Clássica (Booleana)



Fonte: Adaptado de Oliveira (2008)

Já o conceito de lógica Fuzzy pode ser explicado por meio da figura 5.

Figura 5: Lógica Fuzzy



Fonte: Adaptado de Oliveira (2008)

5.1.2 CONCEITO DE POSSIBILIDADE

Segundo Shaw e Simões (1999), a teoria dos conjuntos Fuzzy é fundamentada na proposição de que no mundo real, definir limites numéricos e precisos aos conjuntos observados é quase sempre um erro. Por conta da imprecisão das situações que permeiam a realidade, a transição da não-pertinência para a pertinência é gradual e não abrupta. A incerteza de um elemento, isso é, seus graus fracionários de pertinência podem ser entendidos como uma “possibilidade” de que um elemento seja membro de um determinado conjunto. O conceito de possibilidade não é o mesmo de probabilidade, o qual se refere a “chance” de que um elemento seja membro de um conjunto.

Um exemplo dado pelos autores supracitados, visa demonstrar a diferença destes conceitos: em um relatório de metrologia a chance de chuva é de 0,8, ou seja, 80% de probabilidade. Esse é um conceito probabilístico, pois o que está sendo considerado é se haverá chuva ou não. No conceito de possibilidade, a representação do objeto chuva poderia ser definida pelo seguinte conjunto: $A = \{(1 / \text{Tempestade}), (0,8 / \text{Chuva forte}), (0,6 / \text{Chuvas intermitentes}), (0,4 / \text{Garoa}), (0,2 / \text{Garoa Fina})\}$. Já uma possibilidade de chuva de 0,8 (grau de pertinência) indica que a chuva será forte, o que é diferente de dizer que existe uma probabilidade de 80% de que haja chuva no dia seguinte.

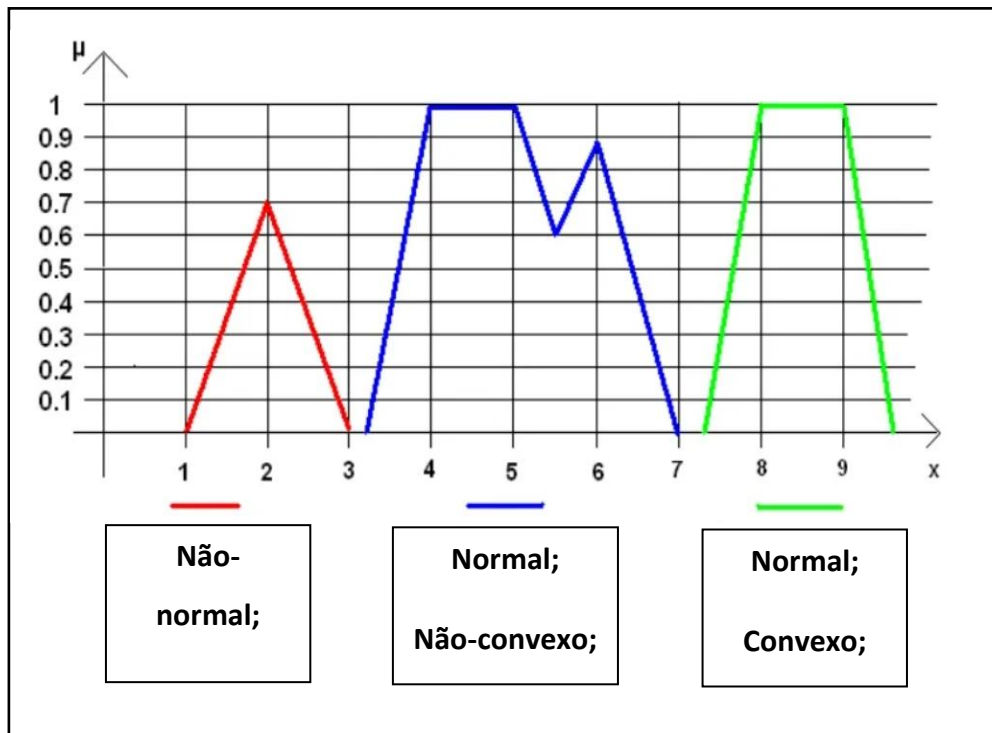
5.1.3 NÚMEROS FUZZY

Segundo Chiu e Park (1994), um número Fuzzy pode ser definido como um subconjunto Fuzzy caracterizado por uma função pertinência que satisfaça as seguintes condições:

- Normalidade: $\mu_A(x) = 1$, pelo menos em um ponto $x \in U$;
- Convexidade: $\mu_A(x') \geq \mu_A(x_1) \wedge \mu_A(x_2)$, onde: $\mu_A(x) \in [0,1]$ e $\forall x' \in [x_1, x_2]$;

Para demonstrar as condições que os números Fuzzy devem respeitar, na figura 6 está um exemplo visual que facilitará a compreensão do que foi supracitado.

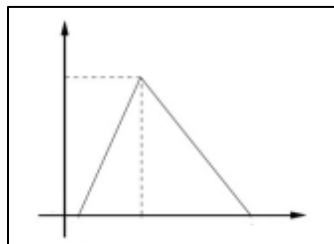
Figura 6: Números Fuzzy – Exemplificando Condições



Fonte: Adaptado de Kohagura (2007)

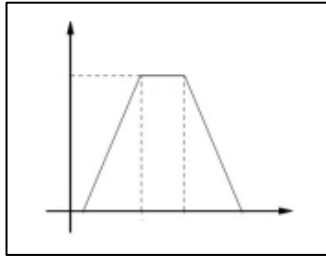
Existem diversos tipos de números Fuzzy apresentados por pesquisadores e autores na literatura científica. Dentre eles, tem-se exemplificados alguns por meio das figuras 7 a 12.

Figura 7: Número Fuzzy Triangular



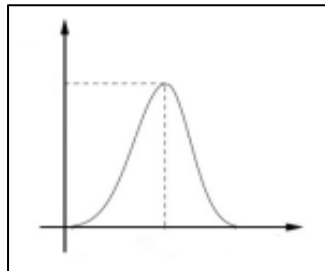
Fonte: Adaptado de Hanss (2005)

Figura 8: Número Fuzzy Trapezoidal



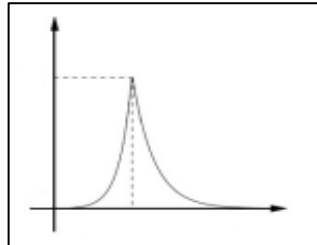
Fonte: Adaptado de Hanss (2005)

Figura 9: Número Fuzzy Gaussiano



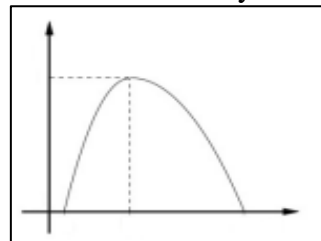
Fonte: Adaptado de Hanss (2005)

Figura 10: Número Fuzzy Exponencial



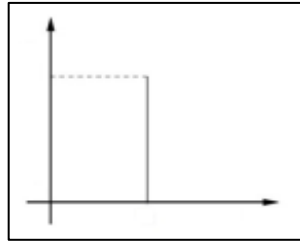
Fonte: Adaptado de Hanss (2005)

Figura 11: Número Fuzzy Gaussiano



Fonte: Adaptado de Hanss (2005)

Figura 12: Número Fuzzy Singleton (Crisp)



Fonte: Adaptado de Hanss (2005)

Os números triangulares Fuzzy, destacados neste trabalho, possuem grande aplicabilidade na literatura financeira no orçamento de capital sob condições de incerteza. Também conhecidos por TFN (triangular Fuzzy numbers), é descrito segundo a equação (13) e obedece a ordenação presente na equação (14).

$$A = (a_1, a_2, a_3) \quad (13)$$

$$a_1 < a_2 < a_3 \quad (14)$$

Segundo descrito em Hanss (2005), um TFN é constituído por dois segmentos de reta, sendo assim podemos definir sua função de pertinência como sendo, de forma geral, conforme demonstrado na equação (15).

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x \geq a_3 \end{cases} \quad (15)$$

Onde:

$\mu_A(x)$ = função de pertinência;

a_1 = valor pessimista;

a_2 = valor mais provável;

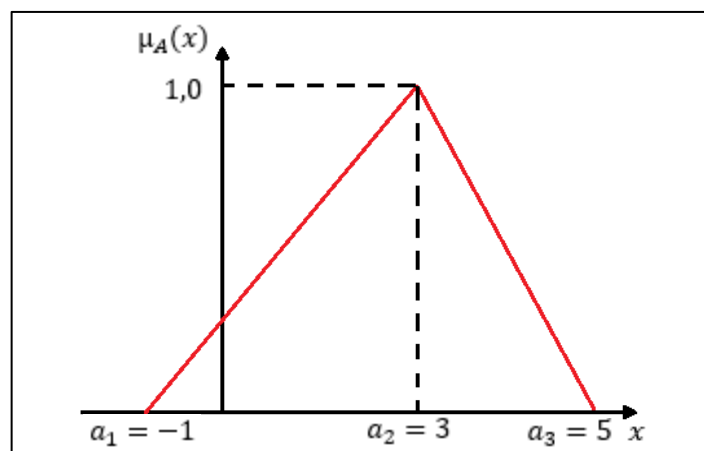
a_3 = valor otimista;

Em avaliações de projetos de investimentos, a utilização TFN's é de grande utilidade, podendo ser associada ao estudo de cenários. Para elucidar melhor sua utilização, apresenta-se a seguir um exemplo para ajudar no entendimento do leitor.

Considere um projeto em que existem três cenários para o retorno esperado do investimento, em R\$ milhões. Os valores de $a_1 = -1$, $a_2 = 3$ e $a_3 = 5$, são respectivamente os cenários pessimista, mais provável e otimista do retorno do investimento. Na equação (16) verifica-se a elaboração da função de pertinência desse TFN e sua representação gráfica está apresentada na figura 13.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq -1 \\ \frac{x+1}{4}, & -1 \leq x \leq 3 \\ \frac{5-x}{2}, & 3 \leq x \leq 5 \\ 0, & x \geq 5 \end{cases} \quad (16)$$

Figura 13: Representação de $A = (-1, 3, 5)$



Fonte: Elaboração própria

Segundo Kaufmann e Gupta (1985), pode-se representar também tais números Fuzzy utilizando a aritmética intervalar como ferramenta para melhor representar a imprecisão e a incerteza presente na análise, pois todos os tipos de incertezas podem ser transformados em um intervalo. Pode-se pensar um número intervalar como sendo um α -cut de um conjunto Fuzzy convexo. De forma geral, define-se que um TFN representado

por α -cuts, segue a seguinte premissa e formulação apresentados respectivamente nas equações (17) e (18).

$$\forall \alpha \in [0,1] \quad (17)$$

$$A = [a^{l(\alpha)}, a^{r(\alpha)}] = [(a_2 - a_1) \times \alpha + a_1, -(a_3 - a_2) \times \alpha + a_3] \quad (18)$$

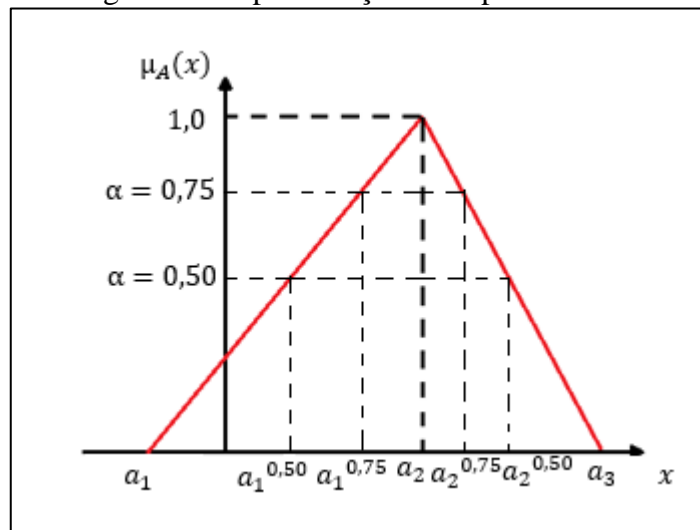
Onde:

$l(\alpha)$ = função inversa do seguimento de reta à esquerda do número Fuzzy;

$r(\alpha)$ = função inversa do seguimento de reta à direita do número Fuzzy;

Graficamente temos que a representação dos α -cuts são feitos conforme exemplo presente na figura 14, onde se mostra o α -cut=0,75 e o α -cut=0,50 de um número triangular Fuzzy.

Figura 14: Representação de A por α -cuts



Fonte: Elaboração própria

Utilizando o exemplo anteriormente dado de um projeto de investimento e seus retornos esperados em R\$ milhões, onde o TFN era $A = (-1, 3, 5)$, representando por meio de α -cuts, ficaria conforme demonstrado na equação (19).

$$A = [a^{l(\alpha)}, a^{r(\alpha)}] = [4 \times \alpha - 1, -2 \times \alpha + 5] \quad (19)$$

5.1.4 OPERAÇÕES COM NÚMEROS FUZZY TRIANGULARES

Segundo Kaufmann e Gupta (1988), para os TFN's genéricos $A = (a_1, a_2, a_3)$ e $B = (b_1, b_2, b_3)$, define-se que as operações matemáticas com tais conjuntos podem ser feitos das seguintes maneiras:

- **Adição:**

$$A(+)B = (a_1, a_2, a_3)(+)(b_1, b_2, b_3) = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3) \quad (20)$$

- **Subtração:**

$$A(-)B = (a_1, a_2, a_3)(-)(b_1, b_2, b_3) = (a_1 + b_3, a_2 + b_2, a_3 + b_1) \quad (21)$$

- **Imagem simétrica:**

$$-(A) = (-a_3, -a_2, -a_1) \quad (22)$$

- **Multiplicação por constante escalar:**

$$A \cdot c = (a_1 \cdot c, a_2 \cdot c, a_3 \cdot c) \quad (23)$$

- **Divisão por constante escalar:**

$$\frac{A}{c} = \left(\frac{a_1}{c}, \frac{a_2}{c}, \frac{a_3}{c} \right) \quad (24)$$

Os autores ressaltam a importância de se atentar a algumas propriedades importantes dos TFN'S:

- Adição e subtração de TFN's por TFN's, sempre resultam em TFN's;
- Multiplicação ou divisão de TFN's por TFN's, não resultam em TFN's;
- Operações de máximo e mínimo, não resultam em TFN's, mas é comum se assumir uma aproximação dessas operações como um TFN para simplificar os cálculos a serem realizados;

Operações com TFN's utilizando os α -cuts foram explicitados em Chiu E Park (1994). Segundo os autores, essas operações são realizadas como descritas nas equações (25) até (28).

- **Adição:**

$$A(+)B = [a^{l(\alpha)} + b^{l(\alpha)}, a^{r(\alpha)} + b^{r(\alpha)}] \quad (25)$$

- **Subtração:**

$$A(-)B = [a^{l(\alpha)} - b^{r(\alpha)}, a^{r(\alpha)} - b^{l(\alpha)}] \quad (26)$$

- **Multiplicação:**

Para qualquer valor de A e B:

$$A(\times)B = [\min(a^{l(\alpha)} \times b^{l(\alpha)}, a^{l(\alpha)} \times b^{r(\alpha)}, a^{r(\alpha)} \times b^{l(\alpha)}, a^{r(\alpha)} \times b^{r(\alpha)}), \max(a^{l(\alpha)} \times b^{l(\alpha)}, a^{l(\alpha)} \times b^{r(\alpha)}, a^{r(\alpha)} \times b^{l(\alpha)}, a^{r(\alpha)} \times b^{r(\alpha)})] \quad (27)$$

- **Divisão:**

Para qualquer valor de A e B:

$$A(\div)B = \left[\min\left(\frac{a^{l(\alpha)}}{b^{l(\alpha)}}, \frac{a^{l(\alpha)}}{b^{r(\alpha)}}, \frac{a^{r(\alpha)}}{b^{l(\alpha)}}, \frac{a^{r(\alpha)}}{b^{r(\alpha)}}\right), \max\left(\frac{a^{l(\alpha)}}{b^{l(\alpha)}}, \frac{a^{l(\alpha)}}{b^{r(\alpha)}}, \frac{a^{r(\alpha)}}{b^{l(\alpha)}}, \frac{a^{r(\alpha)}}{b^{r(\alpha)}}\right) \right] \quad (28)$$

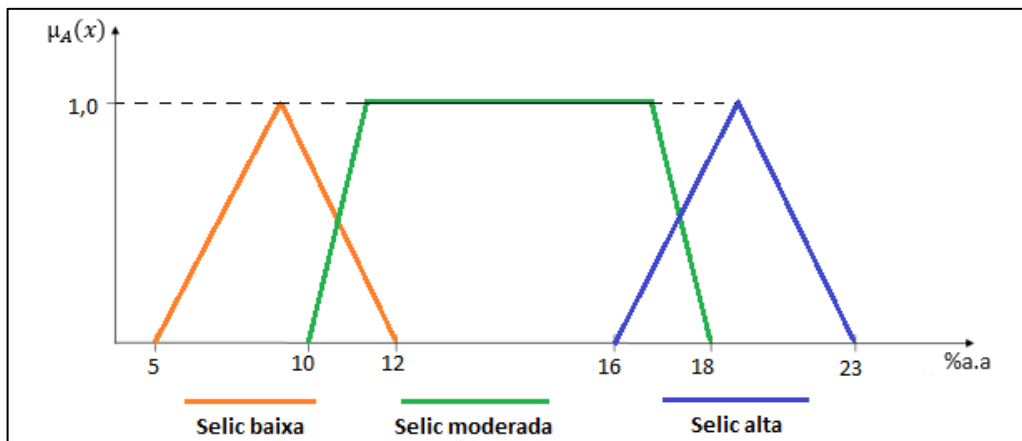
5.1.5 FUZZYFICAÇÃO

A fuzzyficação é um processo que serve para incorporar percepções e sentimentos do especialista a elementos ordinários. De maneira diferente das aplicações baseadas em cálculo, nos sistemas baseados em Inferência Fuzzy, representa-se uma variável linguística através de um conjunto de funções de pertinência, que representará todos os valores possíveis de entrada da variável em questão. (SHAW; SIMÕES, 1999)

Um exemplo de fuzzyficação utilizado em análise de projetos de investimento é transformar a percepção de um especialista para o que é a “taxa de juros Selic baixa, moderada e alta” em números Fuzzy. (OLIVEIRA ,2008)

É possível demonstrar graficamente o exemplo citado, da forma descrita na Figura 15 que se segue:

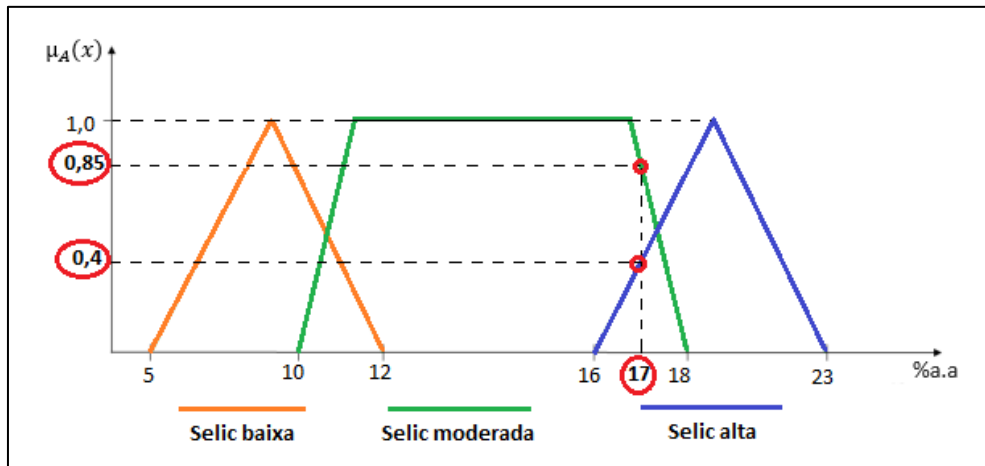
Figura 15: Fuzzificação taxas de juros Selic – Exemplo



Fonte: Elaboração própria

Continuando o exposto, para melhor entendimento dos conceitos presentes nos números Fuzzy, observa-se por meio do exemplo anterior que: Considerando um valor de entrada da taxa Selic de 17% a.a fuzzyficada, a seguinte representação gráfica presente na figura 16 deve ser feita para representar corretamente o vetor que se sugere.

Figura 16: Taxa de juros Selic de 17% a.a – Exemplo de fuzzyficação



Fonte: Elaboração própria

Sendo assim, pode-se representar a taxa Selic de 17% a.a como um “vetor de possibilidades” composto pelos graus de pertinência dos números Fuzzy presentes no conjunto, na forma: $\mu_A(17) = \{0; 0,85; 0,4\}$.

5.1.6 DEFUZZYFICAÇÃO

Existem inúmeros métodos para realização da defuzzyficação, onde a escolha de qual será aplicado vai variar de acordo com o contexto da decisão que se está tomando. (SHAW; SIMÕES, 1999)

Para Chiu e Park (1994), a utilização do método da distribuição de possibilidade cumulativa é muito útil quando se deseja fazer uso do VPLFuzzy, pois através dela é possível calcular a possibilidade de sucesso ou insucesso de um investimento. Já o método do centroide pode ser utilizado no cálculo do valor mais possível, ou seja, no caso do VPLFuzzy, o retorno de maior possibilidade do projeto de investimento.

Nessa dissertação será utilizado o método do centroide para defuzzyficação, devido a ser o mais encontrado na literatura de orçamento de capital Fuzzy e também devido a sua simplicidade de cálculo.

O método da possibilidade cumulativa será utilizado apenas para identificar a possibilidade de insucesso do projeto de investimento quando esse contemplar resultados

positivos e negativos para o VPLFuzzy. Caso haja apenas valores positivos para o VPLFuzzy o investimento terá sucesso e caso haja apenas valores negativos terá insucesso, não sendo necessário o cálculo pelo método da possibilidade cumulativa nesses casos.

- **Defuzzificação pelo Método do Centroide:**

Esse método de defuzzyficação também é conhecido como método do centro de gravidade, pois sua utilização se dá pelo cálculo do centroide da área que representa o conjunto Fuzzy obtido como saída do sistema. (SHAW; SIMÕES, 1999).

$$x^* = \frac{\sum_{j=1}^N x_j \times \mu_{saída}(x_j)}{\sum_{j=1}^N \mu_{saída}(x_j)} \quad (29)$$

Onde:

x^* = variável defuzzificada;

x_j = valor real da variável a cada situação j ;

$\mu_{saída}(x_j)$ = valor da função de pertinência para cada x_j ;

N = número de iterações;

- **Defuzzificação pelo Método da Distribuição de Possibilidade Cumulativa:**

O método da distribuição de possibilidade cumulativa se baseia em calcular a possibilidade do valor negativo do conjunto Fuzzy de ocorrer. Sua formulação é dada pela equação (30). (CHIU; PARK, 1994)

$$\mu^*(x < 0) = \frac{\int_{x_{min}}^0 \mu_{saída}(x)}{\int_{x_{min}}^{x_{max}} \mu_{saída}(x)} \quad (30)$$

Onde:

$\mu^*(x < 0)$ = possibilidade de ocorrer valores negativos de saída;

x_{min} = menor valor de saída;

x_{max} = maior valor de saída;

5.2 VALOR PRESENTE LÍQUIDO FUZZY (VPLFUZZY)

O objetivo do uso do VPLFuzzy é possibilitar que as incertezas presentes no investimento sejam incorporadas ao cálculo do projeto de investimento. Em Gutiérrez (1989) apresentou-se a primeira formulação para o VPLFuzzy. O autor trata os fluxos de caixa Fuzzy (FC^α) e a taxa de desconto do investimento Fuzzy (i^α) como TFN's.

$$FC^\alpha = [FC^{l(\alpha)}, FC^{r(\alpha)}] \quad (31)$$

$$i^\alpha = [i^{l(\alpha)}, i^{r(\alpha)}] \quad (32)$$

Posteriormente ao trabalho de Gutiérrez (1989), os autores Chiu e Park (1994) formularam o trabalho mais relevante na literatura no que se refere a VPLFuzzy. Os autores apresentaram uma proposta melhorada ao que fora proposto anteriormente, separando o cálculo do VPLFuzzy em duas partes utilizando os α -cuts, o lado esquerdo da função ($VPL_{fuzzy}^{l(\alpha)}$) e o lado direito ($VPL_{fuzzy}^{r(\alpha)}$).

Vale ressaltar que o VPLFuzzy não representa TFN, entretanto sua aproximação para um TFN é utilizada de modo a simplificar as contas, apresentando resultados adequados à análise de projetos de investimento.

Temos que a função do VPLFuzzy tem a forma:

$$VPL_{fuzzy}^\alpha = [VPL_{fuzzy}^{l(\alpha)}, VPL_{fuzzy}^{r(\alpha)}] \quad (33)$$

5.2.1 CÁLCULO DO VPLFUZZY

Segundo Chiu e Park (1994) o VPLFuzzy deve ser calculado em duas etapas, conforme explicitado pelas equações a seguir:

- $VPL_{fuzzy}^{l(\alpha)}$:

A função do lado esquerdo, representa os piores resultados possíveis para o investimento.

- Quando $FC_j^{l(\alpha)} > 0$ em n períodos:

$$VPL_{fuzzy}^{l(\alpha)} = FC_0^{l(\alpha)} + \frac{FC_1^{l(\alpha)}}{(1+i_1^{r(\alpha)})} + \frac{FC_2^{l(\alpha)}}{(1+i_2^{r(\alpha)})} + \dots + \frac{FC_n^{l(\alpha)}}{(1+i_n^{r(\alpha)})} \quad (34)$$

$$VPL_{fuzzy}^{l(\alpha)} = \sum_{j=0}^n \left(\frac{FC_j^{l(\alpha)}}{\prod_{j'=0}^j (1+i_{j'}^{r(\alpha)})} \right), \text{ onde } i_0^{r(\alpha)} = 0 \quad (35)$$

- Quando $FC_j^{l(\alpha)} < 0$ em n períodos:

$$VPL_{fuzzy}^{l(\alpha)} = FC_0^{l(\alpha)} + \frac{FC_1^{l(\alpha)}}{(1+i_1^{l(\alpha)})} + \frac{FC_2^{l(\alpha)}}{(1+i_2^{l(\alpha)})} + \dots + \frac{FC_n^{l(\alpha)}}{(1+i_n^{l(\alpha)})} \quad (36)$$

$$VPL_{fuzzy}^{l(\alpha)} = \sum_{j=0}^n \left(\frac{FC_j^{l(\alpha)}}{\prod_{j'=0}^j (1+i_{j'}^{l(\alpha)})} \right), \text{ onde } i_0^{l(\alpha)} = 0 \quad (37)$$

- Quando $FC_j^{l(\alpha)} = 0$ em n períodos, temos as seguintes equações:

$$VPL_{fuzzy}^{l(\alpha)} = \frac{0}{(1+i_n^{r(\alpha)})} = 0 \quad (38)$$

$$VPL_{fuzzy}^{l(\alpha)} = \frac{0}{(1+i_n^{l(\alpha)})} = 0 \quad (39)$$

- Tem-se então para a forma geral do $VPL_{fuzzy}^{l(\alpha)}$:

$$VPL_{fuzzy}^{l(\alpha)} = \sum_{j=0}^n \left(\frac{\max(FC_j^{l(\alpha)}, 0)}{\prod_{j'=0}^j (1 + i_j^{r(\alpha)})} + \frac{\min(FC_j^{l(\alpha)}, 0)}{\prod_{j'=0}^j (1 + i_j^{l(\alpha)})} \right) \quad (40)$$

- $VPL_{fuzzy}^{r(\alpha)}$:

Já a função do lado direito, representa os melhores resultados possíveis para o investimento.

- Quando $FC_j^{r(\alpha)} > 0$ em n períodos:

$$VPL_{fuzzy}^{r(\alpha)} = FC_0^{r(\alpha)} + \frac{FC_1^{r(\alpha)}}{(1+i_1^{l(\alpha)})} + \frac{FC_2^{r(\alpha)}}{(1+i_2^{l(\alpha)})} + \dots + \frac{FC_n^{r(\alpha)}}{(1+i_n^{l(\alpha)})} \quad (41)$$

$$VPL_{fuzzy}^{r(\alpha)} = \sum_{j=0}^n \left(\frac{FC_j^{r(\alpha)}}{\prod_{j'=0}^j (1+i_j^{l(\alpha)})} \right), \text{ onde } i_0^{l(\alpha)} = 0 \quad (42)$$

- Quando $FC_j^{r(\alpha)} < 0$ em n períodos:

$$VPL_{fuzzy}^{r(\alpha)} = FC_0^{r(\alpha)} + \frac{FC_1^{r(\alpha)}}{(1+i_1^{r(\alpha)})} + \frac{FC_2^{r(\alpha)}}{(1+i_2^{r(\alpha)})} + \dots + \frac{FC_n^{r(\alpha)}}{(1+i_n^{r(\alpha)})} \quad (43)$$

$$VPL_{fuzzy}^{r(\alpha)} = \sum_{j=0}^n \left(\frac{FC_j^{r(\alpha)}}{\prod_{j'=0}^j (1+i_j^{r(\alpha)})} \right), \text{ onde } i_0^{r(\alpha)} = 0 \quad (44)$$

- Quando $FC_j^{r(\alpha)} = 0$ em n períodos:

$$VPL_{fuzzy}^{r(\alpha)} = \frac{0}{(1 + i_n^{l(\alpha)})} = 0 \quad (45)$$

$$VPL_{fuzzy}^{r(\alpha)} = \frac{0}{(1 + i_n^{r(\alpha)})} = 0 \quad (46)$$

- Tem-se então para a forma geral do $VPL_{fuzzy}^{r(\alpha)}$:

$$VPL_{fuzzy}^{r(\alpha)} = \sum_{j=0}^n \left(\frac{\max(FC_j^{r(\alpha)}, 0)}{\prod_{j'=0}^j (1 + i_j^{l(\alpha)})} + \frac{\min(FC_j^{r(\alpha)}, 0)}{\prod_{j'=0}^j (1 + i_j^{r(\alpha)})} \right) \quad (47)$$

Assim, chega-se à fórmula geral do VPLFuzzy, unindo a equação (40) com a (47), presente na equação (48).

$$VPL_{fuzzy}^{\alpha} = \left[\sum_{j=0}^n \left(\frac{\max(FC_j^{l(\alpha)}, 0)}{\prod_{j'=0}^j (1 + i_j^{r(\alpha)})} + \frac{\min(FC_j^{l(\alpha)}, 0)}{\prod_{j'=0}^j (1 + i_j^{l(\alpha)})} \right); \sum_{j=0}^n \left(\frac{\max(FC_j^{r(\alpha)}, 0)}{\prod_{j'=0}^j (1 + i_j^{l(\alpha)})} + \frac{\min(FC_j^{r(\alpha)}, 0)}{\prod_{j'=0}^j (1 + i_j^{r(\alpha)})} \right) \right] \quad (48)$$

5.2.2 DEFUZZIFICAÇÃO DO VPLFUZZY

A defuzzificação pelo método do centroide pode ser adaptada para os termos do VPLFuzzy conforme a equação (29), de modo que possa ser utilizado para comparação econômico-financeira entre projetos de investimento sob condições de incerteza. O valor defuzzificado irá representar o valor mais possível para cada investimento. (CHIU; PARK, 1994)

$$VPL_{fuzzy}^* = \frac{\sum_{j=1}^N VPL_{fuzzy} \times \mu(VPL_{fuzzy})}{\sum_{j=1}^N \mu(VPL_{fuzzy})} \quad (49)$$

Onde:

VPL_{fuzzy}^* = VPLFuzzy defuzzificado;

$\mu(VPL_{fuzzy})$ = valor da função de pertinência para o VPL_{fuzzy} ;

N = número de iterações;

Conforme explicitado anteriormente, o valor defuzzificado pelo método da distribuição de possibilidade cumulativa calcula a possibilidade do valor negativo do

conjunto Fuzzy de ocorrer. Sendo assim, pode-se adaptar a equação (30), para os termos do VPLFuzzy, chegando assim a seguinte equação:

$$\mu^*(VPL_{fuzzy} < 0) = \frac{\int_{VPL_{fuzzy_{min}}}^0 \mu(VPL_{fuzzy})}{\int_{VPL_{fuzzy_{min}}}^{VPL_{fuzzy_{max}}} \mu(VPL_{fuzzy})} \quad (50)$$

Onde:

$\mu^*(VPL_{fuzzy} < 0)$ = possibilidade de ocorrer valores negativos do VPLFuzzy;

$VPL_{fuzzy_{min}}$ = menor valor do VPLFuzzy;

$VPL_{fuzzy_{max}}$ = maior valor do VPLFuzzy;

5.3 VALOR PRESENTE LÍQUIDO MODIFICADO FUZZY (VPLMFUZZY)

Na tese de Sampaio Filho (2014) ele apresenta uma proposta para o VPLFuzzy agregado com os conceitos dos métodos modificados determinísticos utilizados no VPLM. O autor define esse novo método proposto como sendo o VPLMFuzzy.

Existe pouca informação sobre o VPLMFuzzy na literatura científica além da tese de Sampaio Filho (2014), mas anteriormente a essa tese foram apresentados dois trabalhos que abordam o assunto na 14th *International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems* (IPMU 2012): Sampaio Filho et al. (2012) e Guerra et al. (2012).

O VPLMFuzzy, assim como ocorre no VPLFuzzy, não representa um TFN. No entanto é utilizada sua aproximação para tal, de modo que se possa simplificar os cálculos a serem realizados, apresentando resultados defuzzyficados de maneira mais fácil, que são satisfatórios para as análises que serão realizadas.

5.3.1 CÁLCULO DO VPLMFUZZY

Como demonstrado no capítulo 4, o VT e o VP, respectivamente equação (9) e equação (10), são as bases de cálculo dos métodos modificados de orçamento de capital, pois simplificam o entendimento das suas equações. Da mesma forma, para simplificar os cálculos, primeiramente deve-se estabelecer os valores equivalentes Fuzzy para o VT e o VP, que renomearemos após adaptações de Valor Terminal Fuzzy (VT^α) e Valor Presente Fuzzy (VP^α). (SAMPAIO FILHO, 2012)

- **VT^α :**

O VT^α é a soma dos fluxos de caixa líquidos positivos Fuzzy ($FCE^\alpha > 0$) capitalizados à taxa de reinvestimento Fuzzy (k_{tr}^α):

$$\begin{aligned} VT^\alpha &= [VT^{l(\alpha)}, VT^{r(\alpha)}] \\ &= [FCE_1^{l(\alpha)}(1 + k_{tr}^{l(\alpha)})^{n-1}, FCE_1^{r(\alpha)}(1 + k_{tr}^{r(\alpha)})^{n-1}] \\ &\quad + [FCE_2^{l(\alpha)}(1 + k_{tr}^{l(\alpha)})^{n-2}, FCE_2^{r(\alpha)}(1 + k_{tr}^{r(\alpha)})^{n-2}] \\ &\quad + \dots + [FCE_n^{l(\alpha)}, FCE_n^{r(\alpha)}] \end{aligned} \quad (51)$$

- **VP^α :**

O VP^α é a soma dos fluxos de caixa líquidos negativos Fuzzy ($FCS^\alpha < 0$) descontados à taxa de financiamento Fuzzy (k_{cmpc}^α):

$$\begin{aligned} VP^\alpha &= [VP^{l(\alpha)}, VP^{r(\alpha)}] \\ &= [FCS_0^{l(\alpha)}, FCS_0^{r(\alpha)}] + \left[\frac{FCS_1^{l(\alpha)}}{(1 + k_{cmpc}^{l(\alpha)})}, \frac{FCS_1^{r(\alpha)}}{(1 + k_{cmpc}^{r(\alpha)})} \right] \\ &\quad + \left[\frac{FCS_2^{l(\alpha)}}{(1 + k_{cmpc}^{l(\alpha)})^2}, \frac{FCS_2^{r(\alpha)}}{(1 + k_{cmpc}^{r(\alpha)})^2} \right] + \dots \\ &\quad + \left[\frac{FCS_n^{l(\alpha)}}{(1 + k_{cmpc}^{l(\alpha)})^n}, \frac{FCS_n^{r(\alpha)}}{(1 + k_{cmpc}^{r(\alpha)})^n} \right] \end{aligned} \quad (52)$$

- $VPLM_{fuzzy}$:

O VPLMFuzzy possui na sua formulação a taxa de desconto ajustada ao risco Fuzzy (k^{α}_{tdar}), que representa a TDAR fuzzyficada e pode ser descrito analogamente à equação (11) do VPLM:

$$VPLM_{fuzzy} = \frac{VT^{\alpha}}{(1 + k^{\alpha}_{tdar})^n} + VP^{\alpha} \quad (53)$$

$$VT^{\alpha} > 0 \text{ e } VP^{\alpha} < 0 \quad (54)$$

Descrevendo VPLMFuzzy por meio dos α -cuts, teremos que:

$$VPLM_{fuzzy} = \left[\frac{VT^{l(\alpha)}}{(1 + k^{r(\alpha)}_{tdar})^n}, \frac{VT^{r(\alpha)}}{(1 + k^{l(\alpha)}_{tdar})^n} \right] + [VP^{l(\alpha)}, VP^{r(\alpha)}] \quad (55)$$

5.3.2 DEFUZZYFICAÇÃO DO VPLMFUZZY

Assim como no VPLFuzzy, a defuzzyficação do VPLMFuzzy será feita pelos mesmos dois métodos distintos, sem nenhuma modificação em suas formulações.

O método do centroide, descrito na equação (49), tem como objetivo encontrar o valor mais possível do VPLMFuzzy. Já o método da distribuição de possibilidade cumulativa, descrito na equação (50), calcula percentualmente qual a possibilidade de insucesso do investimento de ocorrer.

6 EXEMPLO PRÁTICO DA PESQUISA DOCUMENTAL

O estudo de exemplo proposto tem por objetivo demonstrar de maneira prática a teoria fundamentada na dissertação. O investimento é avaliado de maneira a comparar como cada um dos seguintes métodos de orçamento de capital tratam os riscos e incertezas presente no projeto:

- Métodos Determinísticos:
 - VPL;
 - VPLM;
- Métodos Fuzzy;
 - VPLFuzzy;
 - VPLMFuzzy;

O projeto de investimento avaliado se refere à área de mineração. Uma avaliação econômico-financeira de uma mina de Bauxita da Vale S.A. é realizada para explicitar a aplicação dos métodos propostos neste estudo e possibilitar que sejam feitas as análises e comparações necessárias.

Os cálculos matemáticos e os gráficos gerados foram feitos em uma planilha eletrônica, no software Microsoft Excel 2016. Com exceção do VPL, que foi calculado descontando cada período do fluxo de caixa livre do projeto para gerar o fluxo de caixa descontado, para a realização dos cálculos dos outros métodos foram criadas novas funções financeiras por meio do Visual Basic for Applications (VBA). Os códigos utilizados estão descritos no Apêndice A da dissertação e foram adaptados de SAMPAIO FILHO (2008, 2014).

6.1 O PROJETO DE INVESTIMENTO

Os dados do presente projeto de investimento analisado são públicos e disponibilizados pela Vale S.A. em seu site, na seção de relacionamento com investidores. O documento de onde foram retirados os dados que serão apresentados, foi feito pela KPMG Corporate Finance Ltda em uma consultoria realizada em novembro de 2010, cujo

título é: “Relatório de avaliação econômico-financeira dos Direitos Minerários de Bauxita”.

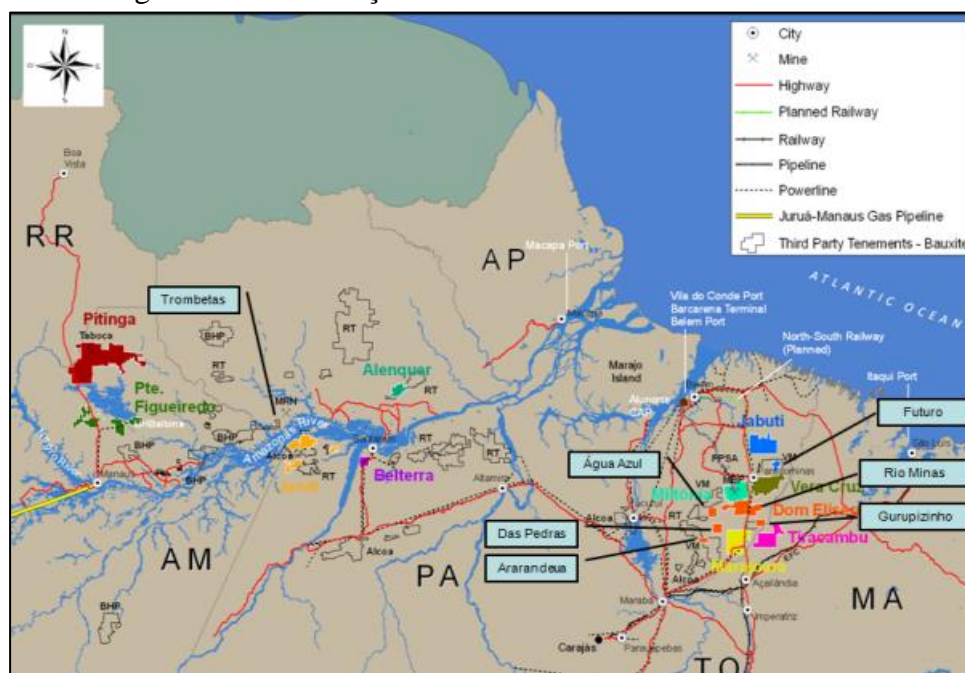
Durante a privatização da Vale do Rio Doce, em 1997, o Governo Brasileiro determinou que a se emitisse debêntures participativas, não conversíveis em ações (Debêntures), com a finalidade de garantir aos seus acionistas (incluindo à União), o direito de participação no nas jazidas minerais existentes da Empresa e de suas Controladas.

A Vale S.A. e a Norsk Hydro ASA (uma companhia produtora de alumínio com sede em Oslo, Noruega) possuíam participações nas empresas Alunorte, Companhia de Alumínio do Pará (“CAP”) e Mineração Rio do Norte (“MRN”), em conjunto com outras empresas.

A Vale então criou uma nova empresa, a Bauxite JV para transferir todos os seus direitos minerários de suas reservas de Bauxita para ela. Essa operação foi feita para que a Vale pudesse vender a Bauxite JV para a Hydro posteriormente.

Os projetos relacionados a estas reservas, estão classificados em quatro Projetos Minerais distintos: Vera Cruz, Jabuti, Tiracambú e Futuro, e estão localizados nos estados do Pará e Maranhão, distribuídos em 178 mil ha, conforme apresentado na figura 17.

Figura 17: Localizações dos Direitos Minerários de Bauxita



Fonte: Vale S.A (2010)

A tabela 2 apresenta o total das reservas relacionadas aos Direitos Minerários envolvidos na transação da Vale com a Hydro.

Tabela 2: Direitos Minerários de Bauxita

MM Ton									
Alvos/ Projetos	Local	Status	Área (Mil m²)	Medido	Indicado	Inferido	Total (1) M/I	Total (2) Potencial	Total Geral (M/I)+P
Vera Cruz	PA	Projeto	43	186	269	104	558	-	558
Futuro	PA	Projeto	30	-	-	-	-	125	125
Jabuti	PA	Projeto	58	-	107	259	367	159	525
Tiracambú	MA	Projeto	47	-	-	265	265	-	265
Total			178	186	376	628	1190	283	1473

Fonte: Adaptado de Vale S.A (2010)

A realização de estudos geológicos representa a primeira etapa do estudo de viabilidade de um projeto de mineração. São definidas as principais características do minério a ser explorado, como sua qualidade e seu potencial de exploração econômica. As etapas seguintes são realizadas com o objetivo de se definir a viabilidade econômica de um projeto e dependem dos resultados da etapa de estudos geológicos.

O estudo geológico para determinação das características e qualidade do minério segue as seguintes etapas:

1. Sondagem: São realizadas as primeiras estimativas das características do minério através de furos e sondas verticais no terreno para determinação da espessura do minério existente, estéril (camada anterior ao minério não aproveitável, geralmente de terra e argila), etc.
2. Trincheiras e Poços: São escavações feitas no terreno de onde são colhidos material para teste de qualidade e teores do minério, como densidade e umidade. Realiza-se também amostras para caracterização mineralógica e testes tecnológicos de bancada para beneficiamento e processo Bayer (processo para produção de alumina metalúrgica).
3. Petrografia: representa a análise das características estruturais, mineralógicas e químicas das amostras colhidas nos processos anteriores.

Conforme apresentado no relatório da KPMG, a equipe técnica da Vale realizou todas as etapas de estudos para a avaliação econômico-financeira somente para o Projeto Vera Cruz, pois os resultados dos estudos geológicos realizados para os demais Projetos Mineraiis apresentaram-se desfavoráveis.

6.2 DADOS DO PROJETO

É importante destacar que durante toda a exemplificação da pesquisa documental exploratória do projeto de investimento, os valores financeiros são muito elevados e em dólar. Por isso, para melhor visualização dos números, os valores estarão sempre em MMU\$ (milhões de dólares americanos).

As taxas utilizadas tiveram seus valores definidos por metodologia aplicada pela KPMG e descrita em seu relatório. Não serão demonstrados na presente dissertação como foram calculadas por não ser o objetivo do trabalho a metodologia de definição das taxas do projeto de investimento. Na tabela 3 verifica-se quais taxas foram consideradas.

Tabela 3: Taxas de Projeto

Item	Descrição e Fontes de informação	WACC
Risk free (RF)	A taxa livre de risco é 4,19%, obtida pela média de rendimento dos títulos do Tesouro americano de 30 anos (T-Bond), média histórica de dois anos (Fonte: Bloomberg).	4,19%
Beta β	Para estimativa da medida de risco do Projeto Vera Cruz, consideramos o beta da Vale, como uma medida estatística da correlação de suas ações com o mercado - S&P 500 Index (Fonte: Bloomberg).	1,36%
Market Risk (E[Rm] – RF)	Para o prêmio de risco do mercado acionário de longo prazo (E[Rm] - Rf), foi adotada a média geométrica do retorno acionário norte-americano acima da taxa do T-Bond no período entre 1928 e 2009. (Fonte: Damodaran).	4,29%
Country risk premium	Consideramos um CRP de 2,41% para o Brasil em nossos cálculos, com base na média histórica de dois anos do prêmio adicional pago ao Global T27 sobre os T-Bonds (Fonte: Bloomberg). O Global T27 é um título do governo brasileiro denominado em dólar.	2,41%
Cost of Equity (Ke)	O custo do capital próprio foi calculado considerando-se o modelo CAPM (Capital Asset Pricing Model) em termos nominais e em US\$.	12,43%
Cost of Debt (Kd)	O custo da dívida após impostos (Fonte: Bloomberg)	2,89%
D / E	A estrutura de capital considerada para o cálculo do WACC foi 16% Dívida e 84% Capital Próprio (Fonte: Bloomberg)	D: 16% E: 84%
WACC	Em termos nominais e em US\$	10,90%

Fonte: Adaptado de Vale S.A (2010)

A classificação de risco do projeto foi definida conforme:

- Projeto de baixo risco: $TDAR_{baixo\ risco} = CMPC - 1\%$;
- Projeto de médio risco: $TDAR_{médio\ risco} = CMPC$;
- Projeto de alto risco: $TDAR_{alto\ risco} = CMPC + 1\%$;

Os dados presentes no fluxo de caixa do projeto, foram estimados pela KPMG por meio de diversas metodologias descritas em seu relatório de viabilidade econômico-financeiro. Tais metodologias não fazem parte do escopo dessa dissertação e por isso não serão descritas aqui. Pode-se verificar o fluxo de caixa, apresentado na tabela 4.

Tabela 4: Fluxo de Caixa do Projeto Vera Cruz

Fluxo de Caixa (2010-2017)								
US\$ milhões	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
EBITDA	0	0	0	0	0	0	78	102
IR/CS s/ EBIT	0	0	0	0	0	0	0	0
Capex	0	0	0	0	-470	-1092	0	-230
Variação do Capital de Giro	0	0	0	0	0	0	-44	-11
Fluxo de Caixa Livre	0	0	0	0	-470	-1092	34	-139
Fluxo de Caixa (cont. 2018-2025)								
US\$ milhões	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
EBITDA	120	226	268	375	422	409	427	415
IR/CS s/ EBIT	0	-3	-4	-12	-16	-19	-22	-22
Capex	-434	-274	-543	-128	-120	-14	-37	-41
Variação do Capital de Giro	-3	-47	-14	-54	-18	-2	-2	-5
Fluxo de Caixa Livre	-317	-98	-294	182	269	374	366	347
Fluxo de Caixa (cont. 2026-2033)								
US\$ milhões	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
EBITDA	384	435	433	406	422	449	406	434
IR/CS s/ EBIT	-67	-84	-89	-94	-104	-127	-116	-129
Capex	-16	-1	-16	-29	-30	-11	-26	-115
Variação do Capital de Giro	1	-3	-4	2	-14	-9	5	-17
Fluxo de Caixa Livre	301	347	324	286	273	302	268	173
Fluxo de Caixa (cont. 2034-2040)								
US\$ milhões	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	
EBITDA	439	470	450	280	260	285	142	
IR/CS s/ EBIT	-128	-135	-129	-70	-63	-71	-23	
Capex	-133	-24	-24	-19	-30	-14	-1	
Variação do Capital de Giro	-6	-9	8	65	-3	3	59	
Fluxo de Caixa Livre	172	303	305	255	163	203	176	

Fonte: Adaptado de Vale S.A (2010)

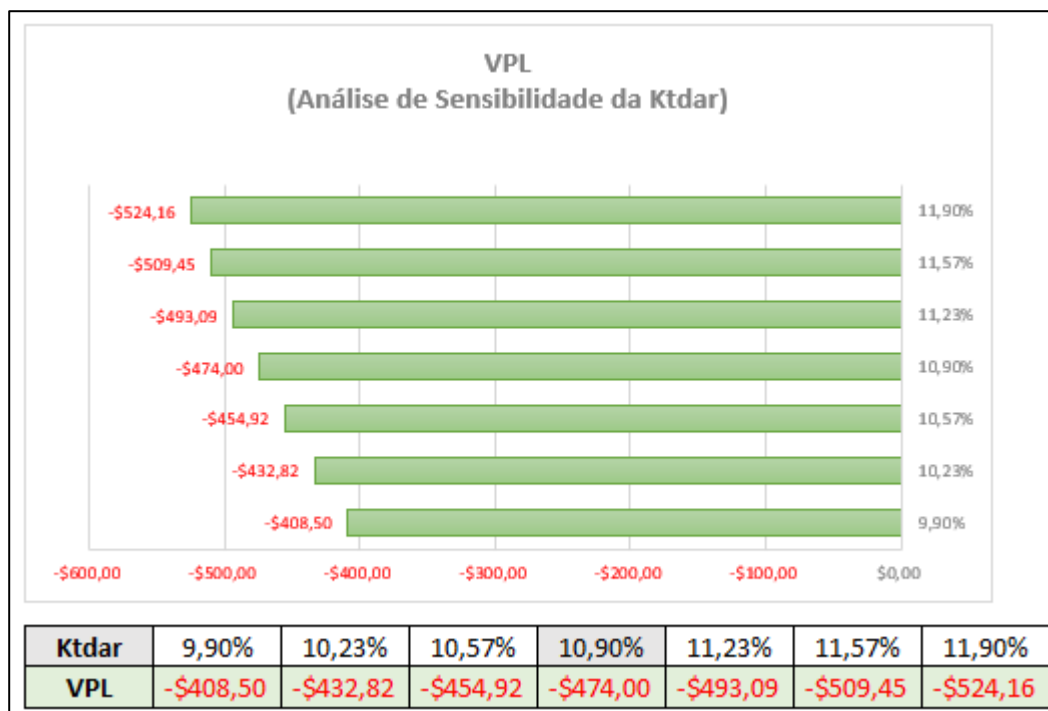
6.3 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DETERMINÍSTICOS

6.3.1 APLICAÇÃO DO VPL

O VPL determinístico foi calculado descontando à TDAR cada fluxo de caixa livre do projeto e somando todos ao final para chegar ao valor do indicador.

Foi realizado uma análise de sensibilidade para melhor compreensão da incerteza com relação à TDAR. A variação realizada na análise foi de 1% para mais ou para menos. Visto que a variação da TDAR indica o risco do projeto para o investidor, conforme citado anteriormente, obteve-se os dados demonstrados na figura 18.

Figura 18: Resultado e Análise de Sensibilidade – VPL



Fonte: Elaboração própria

De acordo com os valores obtidos pelo método do VPL, o projeto de investimento deve ser rejeitado, independente do risco associado ao projeto de investimento, uma vez que todos os indicadores do VPL deram negativo.

A utilização do método do VPL pressupõe que os fluxos de caixa e as taxas de juros são conhecidos com certeza, e que os riscos do projeto são avaliados por meio dessas variáveis por meio da escolha da TDAR. No entanto, essas incertezas podem ameaçar a viabilidade do projeto ou apresentar um VPL superdimensionado. Assim, percebe-se que a classificação do risco do projeto previamente é fundamental para a avaliação correta da viabilidade do empreendimento.

Considerando que o projeto é de mineração e envolve grandes investimentos, sua classificação de risco deve ser alta. A classificação de risco inadequada forneceria uma análise superdimensionada do VPL: 22% maior se fosse baixo e 10% maior se fosse médio. Na tabela 5 pode-se verificar um resumo dos resultados obtidos.

Tabela 5: Resultado e Análise de Sensibilidade da TDAR – VPLM

RISCO	Baixo	Médio	Alto
TDAR	9,90%	10,90%	11,90%
VPL	-\$408,50	-\$474,00	-\$524,16
%	22,07%	9,57%	-

Fonte: Elaboração própria

6.3.2 APLICAÇÃO DO VPLM

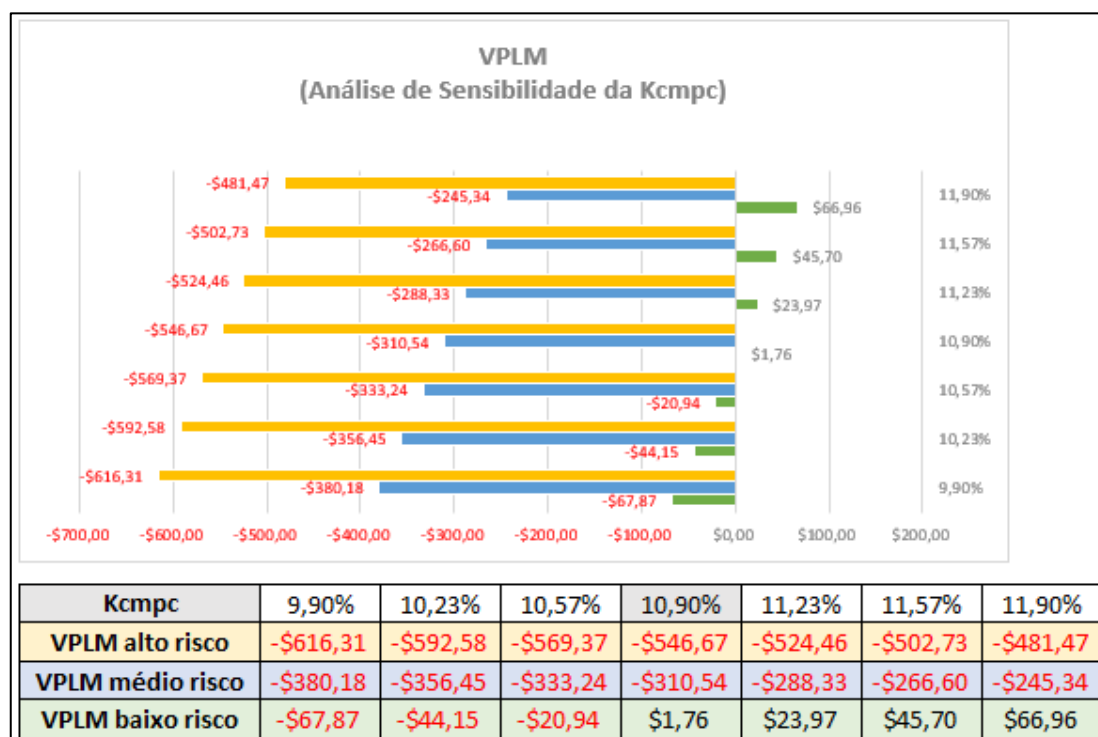
O VPLM determinístico foi calculado utilizando uma função definida pelo usuário (FDU) no VBA do Microsoft Excel, denominada MVPL, com os códigos descritos no Apêndice A e a utilização explicada no Apêndice B.

Os critérios que devem ser inseridos para realizar o cálculo no Excel são:

- =MVPL (Valores; Taxa_financ; Taxa_reinvest; Taxa_desconto);

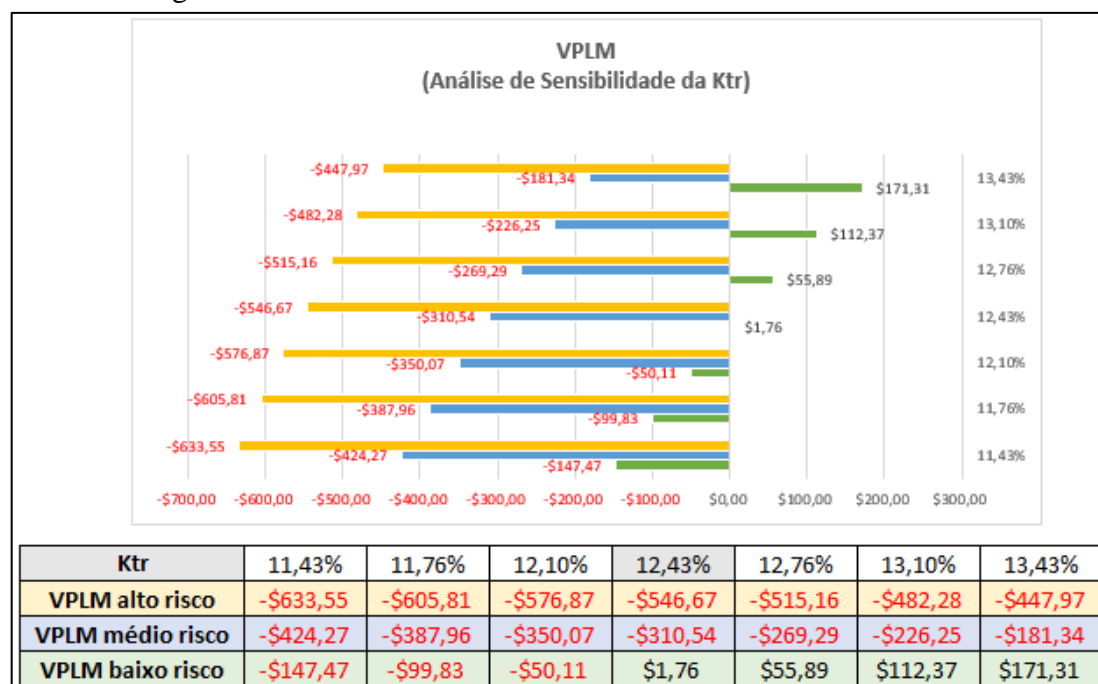
Foi realizado a análise de sensibilidade, conforme apresentado nas figuras 19 e 20, para melhor compreensão da incerteza com relação as taxas de financiamento (k_{cmpc}), reinvestimento (k_{tr}) e desconto do projeto (k_{tdar}). A variação realizada na análise foi de 1% para mais ou para menos nas taxas de projeto.

Figura 19: Resultado e Análise de Sensibilidade do CMPC – VPLM



Fonte: Elaboração própria

Figura 20: Resultado e Análise de Sensibilidade da TR - VPLM



Fonte: Elaboração própria

Os valores obtidos com o VPLM indicam que o projeto deve ser rejeitado, visto que a classificação de risco é alta. A k_{cmpc} , k_{tr} e a k_{tdar} adotadas pela empresa para projetos de alto risco conduziria a rejeição do projeto, em qualquer cenário estudado.

Diferentemente do que ocorreu com o VPL tradicional, no VPLM as análises para classificação de risco baixa poderiam levar a aceitação do projeto de investimento. Os resultados para o VPLM de baixo risco variaram de -\$147,47 até \$171,31. Isso acontece porque o cálculo do VPL assume implicitamente que os fluxos de caixa intermediários do projeto são reinvestidos a uma TDAR mais baixa do que CMPC. Tal subestimação do VPL pode levar a rejeição de projetos de baixo risco que poderiam ser atrativos para a empresa. Demonstra-se dessa maneira como a classificação de risco prévia é fundamental para não levar o investidor a decisões precipitadas e incorretas. Na tabela 6 verifica-se um resumo dos resultados obtidos.

Tabela 6: Resultado e Análise de Sensibilidade – VPLM

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	Mínimo	Projeto	Máximo
Kcmpc	9,90%	10,90%	11,90%
VPLM Baixo Risco	-\$67,87	\$1,76	\$66,96
VPLM Médio Risco	-\$380,18	-\$310,54	-\$245,34
VPLM Alto Risco	-\$616,31	-\$546,67	-\$481,47
Ktr	11,43%	12,43%	13,43%
VPLM Baixo Risco	-\$147,47	\$1,76	\$171,31
VPLM Médio Risco	-\$424,27	-\$310,54	-\$181,34
VPLM Alto Risco	-\$633,55	-\$546,67	-\$447,97

Fonte: Elaboração própria

Tabela 7: Comparação – VPL x VPLM

COMPARAÇÃO	Resultado	%
VPL Alto Risco	-\$524,16	4,12%
VPLM Alto Risco	-\$546,67	-

Fonte: Elaboração própria

Ao se comparar na tabela 7 o resultado obtido do VPLM com o do VPL, para classificação de risco alta, vemos que o resultado do método tradicional está

superestimado em 4,12% em relação ao método modificado. Entretanto, os dois métodos apontam a rejeição do projeto de investimento.

6.4 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS FUZZY

Para se aplicar os métodos Fuzzy ao exemplo estudado, se faz necessário a fuzzyficação de alguns dados de projeto. O fluxo de caixa e as taxas do projeto devem ser fuzzyficadas para TFN's de modo que sejam da forma: $A = (a_1, a_2, a_3)$.

A incerteza atribuída ao fluxo de caixa livre do projeto foi de 10%, gerando assim o TFN do fluxo de caixa, demonstrado na tabela 8.

Tabela 8: Fluxo de Caixa Fuzzy do Projeto

FC Fuzzy (MM US\$)									
-			10,0%	+	-			10,0%	+
ANO	FC min	FC med	FC max	ANO	FC min	FC med	FC max		
0	\$0,00	\$0,00	\$0,00	16	\$270,90	\$301,00	\$331,10		
1	\$0,00	\$0,00	\$0,00	17	\$312,30	\$347,00	\$381,70		
2	\$0,00	\$0,00	\$0,00	18	\$291,60	\$324,00	\$356,40		
3	\$0,00	\$0,00	\$0,00	19	\$257,40	\$286,00	\$314,60		
4	-\$517,00	-\$470,00	-\$423,00	20	\$245,70	\$273,00	\$300,30		
5	-\$1.201,20	-\$1.092,00	-\$982,80	21	\$271,80	\$302,00	\$332,20		
6	\$30,60	\$34,00	\$37,40	22	\$241,20	\$268,00	\$294,80		
7	-\$152,90	-\$139,00	-\$125,10	23	\$155,70	\$173,00	\$190,30		
8	-\$348,70	-\$317,00	-\$285,30	24	\$154,80	\$172,00	\$189,20		
9	-\$107,80	-\$98,00	-\$88,20	25	\$272,70	\$303,00	\$333,30		
10	-\$323,40	-\$294,00	-\$264,60	26	\$274,50	\$305,00	\$335,50		
11	\$163,80	\$182,00	\$200,20	27	\$229,50	\$255,00	\$280,50		
12	\$242,10	\$269,00	\$295,90	28	\$146,70	\$163,00	\$179,30		
13	\$336,60	\$374,00	\$411,40	29	\$182,70	\$203,00	\$223,30		
14	\$329,40	\$366,00	\$402,60	30	\$158,40	\$176,00	\$193,60		
15	\$312,30	\$347,00	\$381,70						

Fonte: Elaboração própria

Conforme a classificação de risco considerada, foi gerada uma tabela com os TFN's das taxas de desconto que serão utilizadas em cada cenário. Considerando uma incerteza de 10% nas taxas, obteve-se a tabela 9.

Tabela 9: Taxas Fuzzy de Projeto

TAXAS Fuzzy			
	-	10,0%	+
	Min.	Med.	Max.
ktr	11,19%	12,43%	13,67%
kcmpc	9,81%	10,90%	11,99%
ktdar b.r.	8,91%	9,90%	10,89%
ktdar m.r.	9,81%	10,90%	11,99%
ktdar a.r.	10,71%	11,90%	13,09%

Fonte: Elaboração própria

6.4.1 APLICAÇÃO DO VPLFUZZY

O VPLFuzzy foi calculado utilizando a FDU definida pelo usuário no VBA do Microsoft Excel, onde os códigos estão detalhadamente apresentados no Apêndice A ao final desta dissertação. A forma de se utilizar a função implementada é demonstrada no Apêndice B.

Os critérios que devem ser inseridos para realizar o cálculo no Excel são:

- = VPLFuzzy (ValoresM1; ValoresM2; ValoresM3; TaxaM1; TaxaM2; TaxaM3; GrauPertinência; Tipo_0seL_1seR);

Os termos da função do Excel chamados Valores e Taxa se referem a TFN's. Dessa forma, podemos definir os termos da função VPLFuzzy no Excel como:

- ValoresM1 = Valores do fluxo de caixa Fuzzy pessimistas ($FC_{mín}$);
- ValoresM2 = Valores do fluxo de caixa Fuzzy mais prováveis ($FC_{méd}$);
- ValoresM3 = Valores do fluxo de caixa Fuzzy otimistas (FC_{max});
- TaxaM1 = Taxa de desconto Fuzzy pessimista ($i_{mín}$);
- TaxaM2 = Taxa de desconto Fuzzy mais provável ($i_{méd}$);
- TaxaM3 = Taxa de desconto Fuzzy otimista (i_{max});
- GrauPertinência = Grau de pertinência (α) do VPL_{fuzzy}^{α} da saída;
- Tipo_0seL_1seR = Será calculado o $VPL_{fuzzy}^{l(\alpha)}$ quando se utilizar “0” e $VPL_{fuzzy}^{r(\alpha)}$ quando se utilizar “1”;

Pode-se ver então que a função VPLFuzzy precisa ser calculada para todos os valores de pertinência. Entretanto, ela simplifica os cálculos no que se refere a transformação dos TFN's dos fluxos de caixa e da taxa de desconto para TFN's representados por α -cuts, já que tal processo, explicitado anteriormente por meio da equação (18), está sendo realizado dentro do código VBA da FDU. Utilizando a função mencionada no Microsoft Excel, se obtém os seguintes resultados demonstrados na tabela 10.

Tabela 10: Valores do VPLFuzzy

VPLFuzzy						
	Baixo Risco		Médio Risco		Alto Risco	
α	$l(\alpha)$	$r(\alpha)$	$l(\alpha)$	$r(\alpha)$	$l(\alpha)$	$r(\alpha)$
0	-792,45	77,39	-820,92	-12,40	-835,49	-83,15
0,1	-751,76	30,21	-782,95	-56,18	-799,96	-123,79
0,2	-710,87	-16,48	-744,80	-99,51	-764,30	-164,00
0,3	-669,75	-62,70	-706,47	-142,40	-728,50	-203,81
0,4	-628,40	-108,47	-667,94	-184,87	-692,54	-243,23
0,5	-586,79	-153,80	-629,20	-226,94	-656,41	-282,28
0,6	-544,92	-198,71	-590,24	-268,62	-620,09	-320,98
0,7	-502,78	-243,23	-551,04	-309,93	-583,57	-359,35
0,8	-460,34	-287,35	-511,58	-350,90	-546,83	-397,41
0,9	-417,59	-331,11	-471,85	-391,53	-509,86	-435,17
1	-374,52	-374,52	-431,84	-431,84	-472,65	-472,65

Fonte: Elaboração própria

A defuzzyficação do VPLFuzzy pelos dois métodos utilizados: Centroide e Distribuição de Possibilidades Cumulativas, conforme as equações (49) e (50) apresentadas, resultaram respectivamente no valor mais possível e na possibilidade de sucesso/insucesso de cada cenário de risco do projeto.

Na tabela 11 pode-se verificar as etapas dos cálculos realizados para cada grau de pertinência, variando de [0,1], necessários para obtenção dos valores defuzzyficados do centroide.

Tabela 11: Defuzzyficação - Centroide do VPLFuzzy

VPLFuzzy - Defuzzyficação pelo Centroide						
	Baixo Risco		Médio Risco		Alto Risco	
α	$l(\alpha) \times \alpha$	$r(\alpha) \times \alpha$	$l(\alpha) \times \alpha$	$r(\alpha) \times \alpha$	$l(\alpha) \times \alpha$	$r(\alpha) \times \alpha$
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,1	-75,18	3,02	-78,29	-5,62	-80,00	-12,38
0,2	-142,17	-3,30	-148,96	-19,90	-152,86	-32,80
0,3	-200,93	-18,81	-211,94	-42,72	-218,55	-61,14
0,4	-251,36	-43,39	-267,18	-73,95	-277,01	-97,29
0,5	-293,40	-76,90	-314,60	-113,47	-328,20	-141,14
0,6	-326,95	-119,23	-354,14	-161,17	-372,05	-192,59
0,7	-351,94	-170,26	-385,73	-216,95	-408,50	-251,55
0,8	-368,27	-229,88	-409,26	-280,72	-437,46	-317,93
0,9	-375,83	-298,00	-424,67	-352,37	-458,88	-391,65
1	-374,52	-374,52	-431,84	-431,84	-472,65	-472,65
Σ	-2760,54	-1331,26	-3026,62	-1698,72	-3206,16	-1971,11
Valor Mais Possível	-371,98		-429,58		-470,66	

Fonte: Elaboração própria

Na tabela 12, é apresentado como o cálculo das possibilidades de sucesso e insucesso foram calculados. Na distribuição de possibilidades cumulativas, as integrais da equação calculam a área positiva ou negativa, dividida pela área total do TFN gerado.

Importante inicialmente analisar qual lado da função, $l(\alpha)$ ou $r(\alpha)$, cruza o eixo das ordenadas (eixo y), ou seja, qual função tem um ponto com valor 0. Caso seja o lado $l(\alpha)$, será calculado a possibilidade de insucesso do projeto de investimento, e a possibilidade de sucesso será o complemento do valor, diminuindo o valor encontrado de 100%. Caso seja o lado $r(\alpha)$, será encontrado a possibilidade de sucesso primeiro e complementarmente a possibilidade de insucesso do investimento. O segundo caso foi o ocorrido nos três TFN's gerados pelos VPLFuzzy's encontrados, conforme apresentado na tabela 12.

Tabela 12: Defuzzyficação - Distribuição de Possibilidades Cumulativas do VPLFuzzy

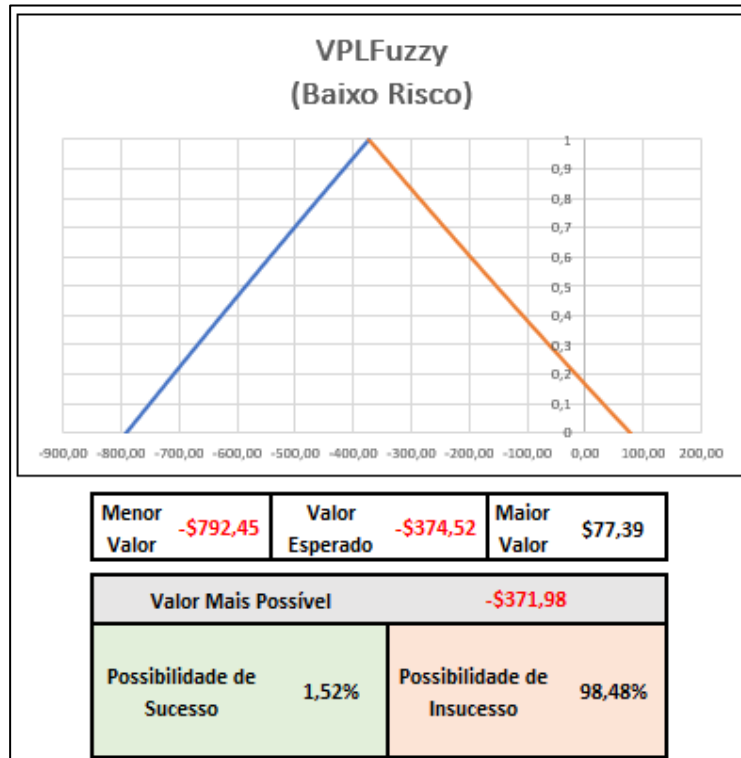
VPLFuzzy - Defuzzyficação pela Distribuição de Possibilidade Cumulativa			
	Baixo Risco	Médio Risco	Alto Risco
$r(\alpha) = 0 // \alpha =$	0,17	0,03	0,21
Área Positiva	6,63	-0,18	-8,88
Área Total	434,92	416,66	459,32
Possibilidade de Sucesso	1,52%	-0,04%	-1,93%
Possibilidade de Insucesso	98,48%	100,04%	101,93%

Fonte: Elaboração própria

Plotando os gráficos do VPLFuzzy, pode-se compreender melhor os resultados obtidos com os cálculos executados na planilha eletrônica, possibilitando também uma melhor percepção do que as defuzzyficações realizadas representam. O TFN é formado por dois segmentos de reta, sendo o primeiro referente ao lado $l(\alpha)$ (lado esquerdo) e o segundo referente ao $r(\alpha)$ (lado direito).

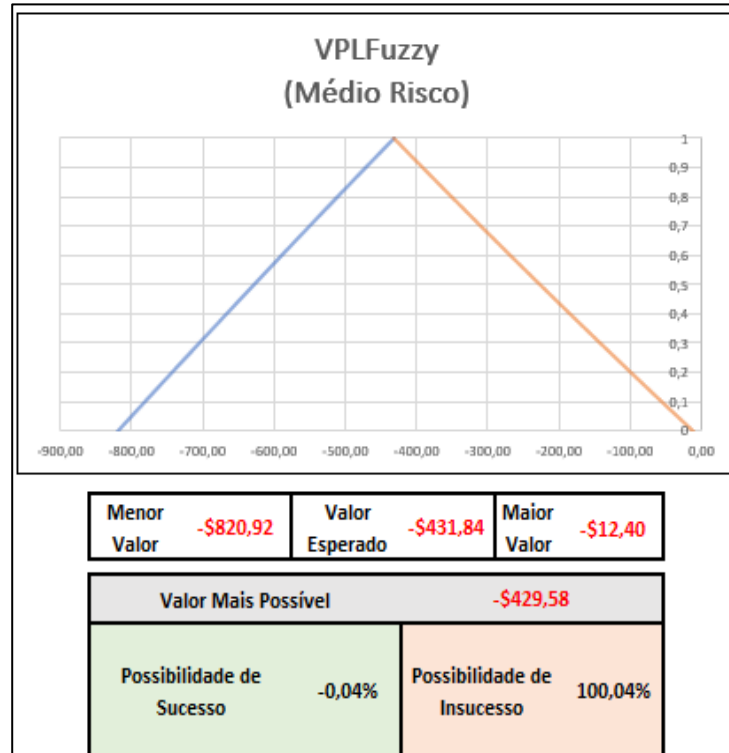
O resumo dos dados supramencionados e a representação gráfica dos TFN's gerados para cada cenário de risco do projeto de investimento sob condições de incerteza: baixo risco, médio risco e alto risco, foram os apresentados conforme as figuras 21, 22 e 23.

Figura 21: Gráfico e Resultados – VPLFuzzy Baixo Risco



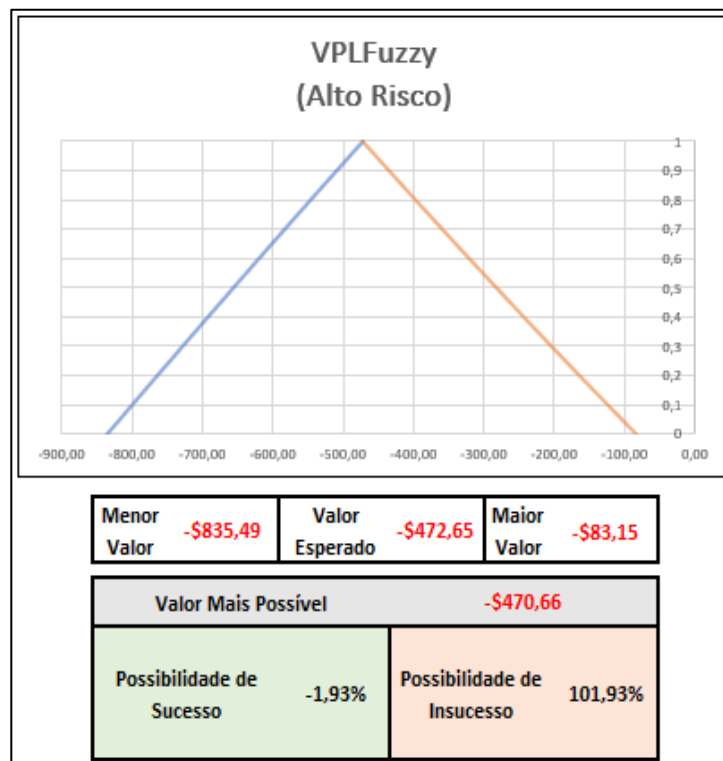
Fonte: Elaboração própria

Figura 22: Gráfico e Resultados – VPLFuzzy Médio Risco



Fonte: Elaboração própria

Figura 23: Gráfico e Resultados – VPLFuzzy Alto Risco



Fonte: Elaboração própria

Os resultados do VPLFuzzy demonstram de uma maneira simples de se analisar e verificar, que apenas se o projeto de investimento tivesse a classificação de risco baixa, ele teria alguma possibilidade de sucesso, que seria de modestos 1,52%. Considerando que o projeto é de alto risco, visto que é uma atividade de mineração que envolve altos valores de investimento, conclui-se que o projeto deveria ser rejeitado por essa metodologia de orçamento de capital Fuzzy, já que segundo os cálculos pode-se verificar que não há possibilidade de sucesso no projeto de investimento.

6.4.2 APLICAÇÃO DO VPLMFUZZY

Da mesma forma que o método Fuzzy suprarreferido, os cálculos do VPLMFuzzy foram realizados por meio de uma planilha eletrônica, utilizando uma FDU chamada de MVPLFuzzy, também definida no VBA do Microsoft Excel. Os códigos referentes a essa função estão explicitados detalhadamente no Apêndice A desse trabalho e a sua utilização está apresentada no Apêndice B, no final desta dissertação.

Os critérios que devem ser inseridos para realizar o cálculo no Excel são:

- =MVPLFuzzy (ValoresM1; ValoresM2; ValoresM3; Taxa_financM1; Taxa_financM2; Taxa_financM3; Taxa_reinvestM1; Taxa_reinvestM2; Taxa_reinvestM3; Taxa_descontoM1; Taxa_descontoM2; Taxa_descontoM3; GrauPertinência; Tipo_0seL_1seR);

Os termos da função do Excel chamados Valores e Taxa se referem a TFN's, assim como no método de orçamento de capital Fuzzy anteriormente citado. Dessa forma, podemos definir os termos da função MVPLFuzzy no Excel como:

- ValoresM1 = Valores do fluxo de caixa Fuzzy pessimistas ($FC_{mín}$);
- ValoresM2 = Valores do fluxo de caixa Fuzzy mais prováveis ($FC_{méd}$);
- ValoresM3 = Valores do fluxo de caixa Fuzzy otimistas (FC_{max});
- Taxa_financM1 = Taxa de financiamento Fuzzy pessimista ($k_{cmpc_{mín}}$);
- Taxa_financM2 = Taxa de financiamento Fuzzy mais provável ($k_{cmpc_{méd}}$);
- Taxa_financM3 = Taxa de financiamento Fuzzy otimista ($k_{cmpc_{max}}$);
- Taxa_reinvestM1 = Taxa de reinvestimento Fuzzy pessimista ($k_{tr_{mín}}$);
- Taxa_reinvestM2 = Taxa de reinvestimento Fuzzy mais provável ($k_{tr_{méd}}$);
- Taxa_reinvestM3 = Taxa de reinvestimento Fuzzy otimista ($k_{tr_{max}}$);
- Taxa_descontoM1 = Taxa de desconto Fuzzy pessimista ($k_{tdar_{mín}}$);
- Taxa_descontoM2 = Taxa de desconto Fuzzy mais provável ($k_{tdar_{méd}}$);
- Taxa_descontoM3 = Taxa de desconto Fuzzy otimista ($k_{tdar_{max}}$);
- GrauPertinência = Grau de pertinência (α) do $VPLM_{fuzzy}^{\alpha}$ da saída;
- Tipo_0seL_1seR = Será calculado o $VPLM_{fuzzy}^{l(\alpha)}$ quando se utilizar “0” e $VPLM_{fuzzy}^{r(\alpha)}$ quando se utilizar “1”;

A forma de utilização da função MVPLFuzzy é semelhante à do método Fuzzy de orçamento de capital anteriormente citado. A diferença na utilização está no fato de que se necessita utilizar mais termos para efetuar a conta, conforme metodologia descrita no capítulo anterior, no item 5.3.

Dentro do código de VBA, serão criados todos os TFN's na forma de α -cuts necessários ao cálculo do VPLMFuzzy, conforme formulação descrita na equação (18),

que são: Fluxo de caixa Fuzzy, taxa de desconto Fuzzy, taxa de financiamento Fuzzy e taxa de desconto Fuzzy.

Os termos VP^α e VT^α , análogos aos utilizados nos métodos modificados de orçamento de capital, demonstrados nas equações (51) e (52) respectivamente, também serão calculados por meio da FDU do Microsoft Excel, MVPLFuzzy.

Deve-se frisar que as metodologias utilizadas para a realização dos cálculos das defuzzyficações realizadas pelo método do Centroide e da Distribuição de Possibilidades Cumulativas, conforme as equações (49) e (50), foram as mesmas utilizadas no método VPLFuzzy anteriormente demonstrados. Diante do exposto, os resultados obtidos foram apresentados nas tabelas 13, 14 e 15.

Tabela 13: Valores do VPLMFuzzy do Projeto

VPLMFuzzy						
	Baixo Risco		Médio Risco		Alto Risco	
α	$l(\alpha)$	$r(\alpha)$	$l(\alpha)$	$r(\alpha)$	$l(\alpha)$	$r(\alpha)$
0	-748,59	1087,14	-947,73	605,17	-1094,58	231,36
0,1	-684,05	957,80	-892,50	495,96	-1046,60	138,68
0,2	-617,51	833,75	-835,68	391,27	-997,37	49,84
0,3	-548,86	714,71	-777,17	290,85	-946,79	-35,38
0,4	-477,99	600,43	-716,86	194,46	-894,77	-117,19
0,5	-404,76	490,66	-654,64	101,90	-841,22	-195,78
0,6	-329,03	385,17	-590,39	12,95	-786,03	-271,34
0,7	-250,67	283,74	-523,99	-72,59	-729,10	-344,05
0,8	-169,52	186,16	-455,31	-154,90	-670,31	-414,07
0,9	-85,43	92,23	-384,21	-234,16	-609,54	-481,56
1	1,76	1,76	-310,54	-310,54	-546,67	-546,67

Fonte: Elaboração própria

Tabela 14: Defuzzyficação - Centroide do VPLMFuzzy

VPLMFuzzy - Defuzzyficação pelo Centroide						
	Baixo Risco		Médio Risco		Alto Risco	
α	$l(\alpha) \times \alpha$	$r(\alpha) \times \alpha$	$l(\alpha) \times \alpha$	$r(\alpha) \times \alpha$	$l(\alpha) \times \alpha$	$r(\alpha) \times \alpha$
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,1	-68,40	95,78	-89,25	49,60	-104,66	13,87
0,2	-123,50	166,75	-167,14	78,25	-199,47	9,97
0,3	-164,66	214,41	-233,15	87,25	-284,04	-10,61
0,4	-191,20	240,17	-286,74	77,79	-357,91	-46,88
0,5	-202,38	245,33	-327,32	50,95	-420,61	-97,89
0,6	-197,42	231,10	-354,24	7,77	-471,62	-162,81
0,7	-175,47	198,62	-366,80	-50,81	-510,37	-240,84
0,8	-135,62	148,93	-364,25	-123,92	-536,25	-331,26
0,9	-76,89	83,01	-345,79	-210,74	-548,59	-433,41
1	1,76	1,76	-310,54	-310,54	-546,67	-546,67
Σ	-1333,76	1625,86	-2845,21	-344,40	-3980,19	-1846,52
Valor Mais Possível	26,55		-289,96		-529,70	

Fonte: Elaboração própria

Tabela 15: Defuzzyficação - Distribuição de Possibilidades Cumulativas do VPLMFuzzy

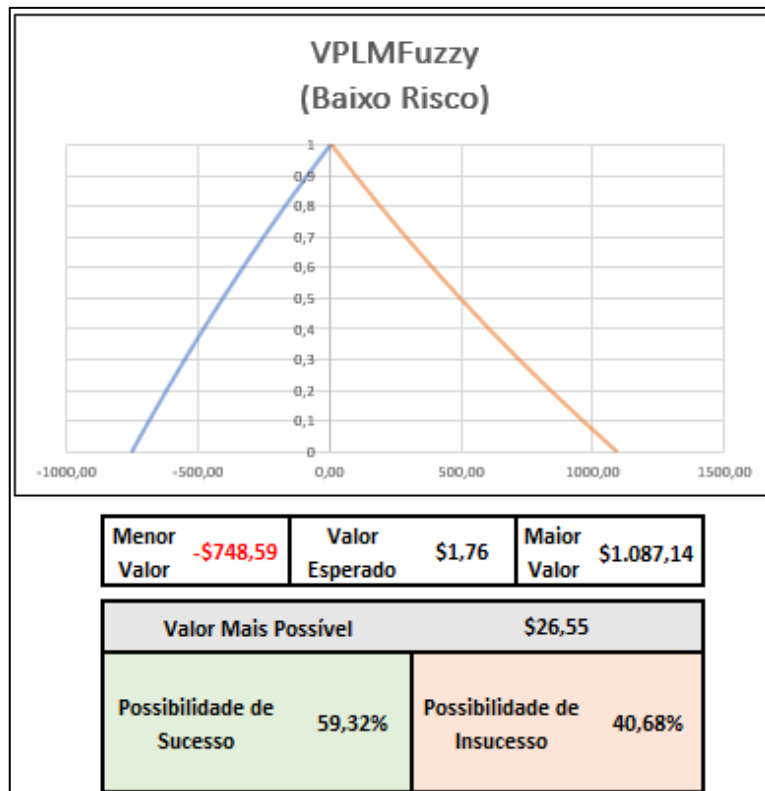
VPLMFuzzy - Defuzzyficação pela Distribuição de Possibilidade Cumulativa			
	Baixo Risco	Médio Risco	Alto Risco
$r(\alpha) = 0 // \alpha =$	1,00	0,66	0,30
Área Positiva	544,45	199,97	34,40
Área Total	917,86	776,45	662,97
Possibilidade de Sucesso	59,32%	25,75%	5,19%
Possibilidade de Insucesso	40,68%	74,25%	94,81%

Fonte: Elaboração própria

O resumo dos dados e a representação gráfica dos TFN's obtidos por meio dos cálculos gerados pela utilização do método de orçamento de capital, VPLMFuzzy, no projeto de investimento sob condições de incerteza para os três cenários de risco analisados, possibilitaram um entendimento e a percepção mais efetiva das defuzzyficações realizadas.

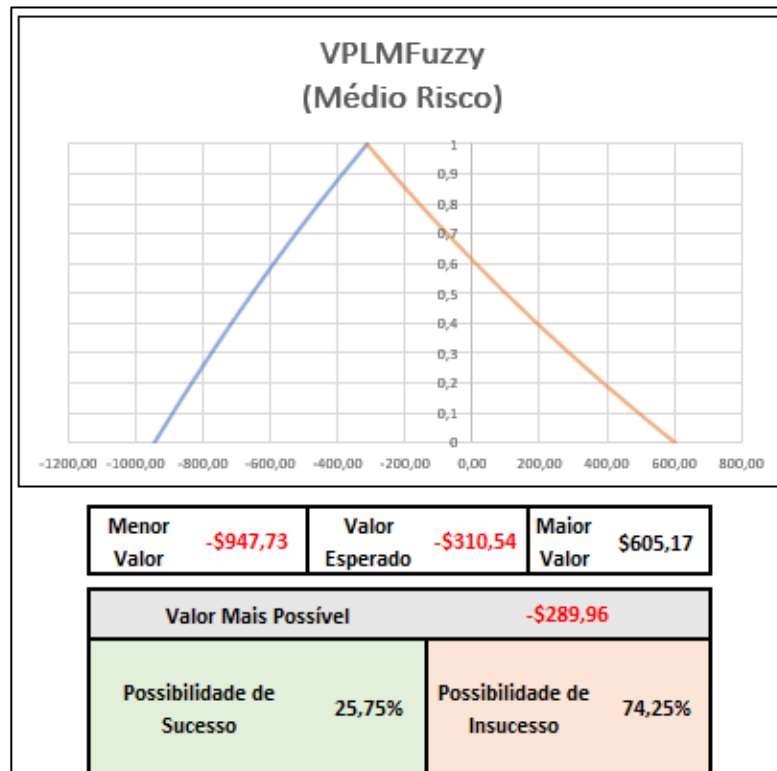
Nas figuras 24,25 e 26, verifica-se os gráficos gerados para cada cenário de risco apresentado.

Figura 24: Gráfico e Resultados – VPLMFuzzy Baixo Risco



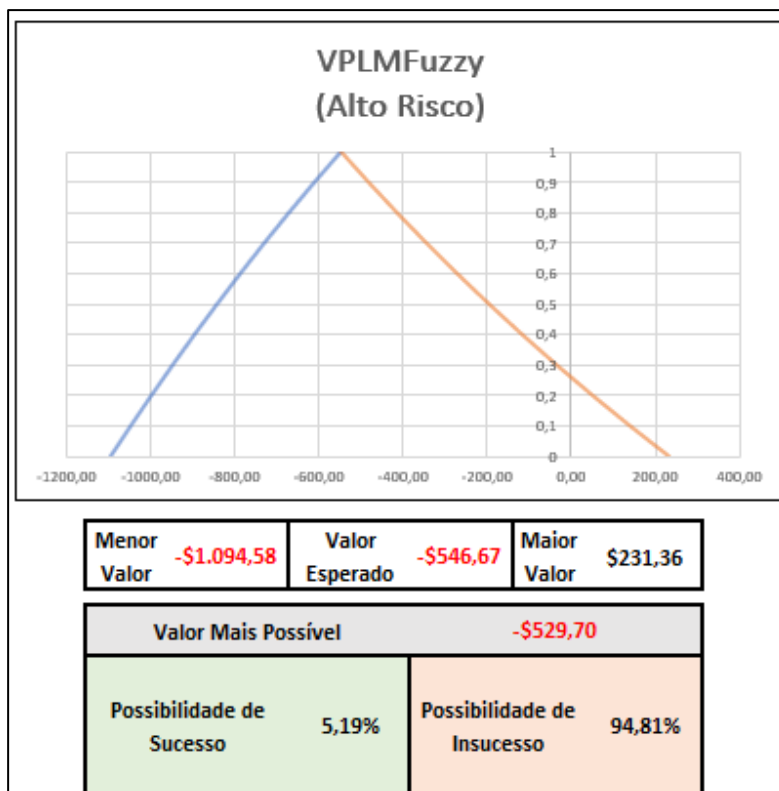
Fonte: Elaboração própria

Figura 25: Gráfico e Resultados – VPLMFuzzy Médio Risco



Fonte: Elaboração própria

Figura 26: Gráfico e Resultados – VPLMFuzzy Alto Risco



Fonte: Elaboração própria

Os resultados obtidos com o cálculo do VPLMFuzzy apresentam que em qualquer cenário existe a possibilidade de sucesso do investimento, sendo que para os cenários de risco baixo, médio e alto, serão respectivamente: 59,32%, 25,75% e 5,19%.

Da mesma forma que se fez nos outros métodos, deve-se considerar o valor do VPLMFuzzy de alto risco como sendo o correto para a análise do projeto de investimento, visto que é um projeto de mineração, envolvendo valores de investimento altos e com um horizonte de investimento longo (30 anos).

As análises do VPLMFuzzy mostram que o projeto deve ser rejeitado, pois a possibilidade de sucesso é muito baixa para justificar um investimento de grande porte.

6.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO EXEMPLO PRÁTICO

6.5.1 ANÁLISE QUANTITATIVA

Todos os métodos analisados apresentaram a mesma indicação de rejeição do projeto de investimento de alto risco. Entretanto algumas diferenças nos resultados foram observadas. Nos métodos determinísticos observou-se uma variação no resultado do VPL superestimado em 4,12% com relação ao VPLM, decorrente da hipótese do método tradicional de utilizar a TDAR para descontar os fluxos de caixa intermediários ao invés CMPC e da TR da empresa. Já nos métodos Fuzzy, o VPLMFuzzy permitiu a visualização de uma pequena possibilidade de sucesso de 5,19%, o que não foi possível observar pelo método do VPLFuzzy.

Na figura 27, observa-se todos os resultados obtidos de maneira resumida, possibilitando o leitor fazer uma comparação analítica e quantitativa do que foi supracitado nas análises dos cálculos gerados.

Figura 27: Resumo dos Resultados

MÉTODOS DETERMINÍSTICOS

TRADICIONAL

Risco	BAIXO			MÉDIO			ALTO
Ktdar	9,90%	10,23%	10,57%	10,90%	11,23%	11,57%	11,90%
VPL	-\$408,50	-\$432,82	-\$454,92	-\$474,00	-\$493,09	-\$509,45	-\$524,16

MODIFICADO

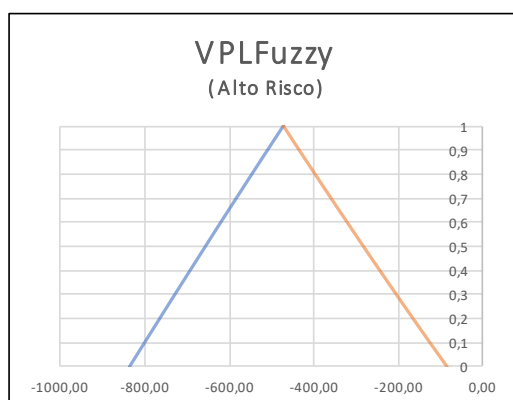
Risco	ALTO (Ktdar = 11,9%)						
Kcmpc	9,90%	10,23%	10,57%	10,90%	11,23%	11,57%	11,90%
VPLM	-\$616,31	-\$592,58	-\$569,37	-\$546,67	-\$524,46	-\$502,73	-\$481,47

Risco	ALTO (Ktdar = 11,9%)						
Ktr	11,43%	11,76%	12,10%	12,43%	12,76%	13,10%	13,43%
VPLM	-\$633,55	-\$605,81	-\$576,87	-\$546,67	-\$515,16	-\$482,28	-\$447,97

OBS: Análise de Sensibilidade do VPL contemplou todas as classificações de risco, já que a única taxa presente no método é a Ktdar. No VPLM a taxa Ktdar está fixada em 11,9%, que representa alto risco.

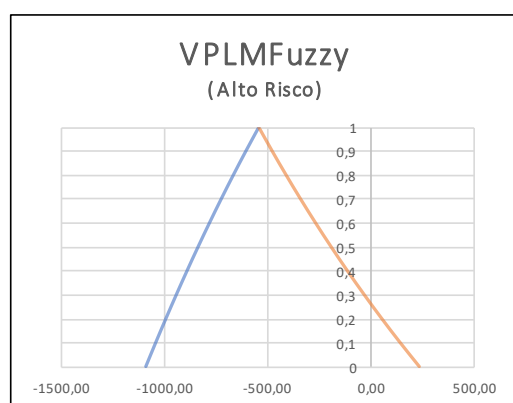
MÉTODOS FUZZY

TRADICIONAL



Menor valor:	-\$835,49
Valor esperado:	-\$472,65
Maior valor:	-\$83,15
Valor mais possível:	-\$470,66
Possibilidade de sucesso:	-1,93%
Possibilidade de insucesso:	101,93%

MODIFICADO



Menor valor:	-\$1.094,58
Valor esperado:	-\$546,67
Maior valor:	\$231,36
Valor mais possível:	-\$529,70
Possibilidade de sucesso:	5,19%
Possibilidade de insucesso:	94,81%

Fonte: Elaboração própria

6.5.2 ANÁLISE QUALITATIVA

As análises qualitativas tem como objetivo proporcionar a realização de comparações sobre a aplicabilidade dos seguintes métodos baseados no fluxo de caixa descontado de orçamento de capital:

- Sob condições de certeza: VPL e VPLM;
- Sob condições de incerteza: VPLFuzzy e VPLMFuzzy;

Nessa análise não foram levadas em conta as respostas numéricas, mas sim a união dos conceitos que envolvem cada um dos métodos contemplados nessa dissertação, verificando suas vantagens e limitações durante a sua utilização.

- **As incertezas do projeto de investimento:**

Projetos de investimento reais contemplam incertezas diversas que muitas vezes podem inviabilizar um projeto que aparentemente seria viável, ou viabilizar um projeto que deveria ser rejeitado.

A análise das incertezas em conjunto se mostrou ser um grande desafio dos métodos determinísticos, já que contemplar análises de sensibilidade de cada variável incerta do projeto pode ser uma tarefa complexa e de difícil realização pelo investidor. Entretanto, ao se utilizar os métodos Fuzzy de orçamento de capital, a abordagem das incertezas é parte da metodologia de cálculo, sendo de fácil aplicação e necessitando de menos hipóteses que os métodos tradicionais para serem implementadas no estudo.

A lógica Fuzzy contempla a imprecisão das variáveis, as incertezas e os riscos por meio de uma estrutura matemática muito simplificada, principalmente ao se utilizar a abordagem do TFN. Fuzzyficar as variáveis incertezas é muito simples e não apresenta complexidade, nem dificuldade para serem implementadas e analisadas em conjunto pelo investidor.

- **Hipóteses que podem prejudicar a análise:**

Considerando a variação entre os resultados determinísticos, VPL e VPLM, e entre os resultados Fuzzy, VPLFuzzy e VPLMFuzzy, apresentados no subitem 6.5.1,

pode-se observar que os métodos tradicionais estão superestimados em relação aos métodos modificados.

Tal variação citada ocorre pois, conforme já citado, nos métodos tradicionais, tanto determinístico quanto Fuzzy, é assumida a hipótese de que os fluxos de caixa intermediários do projeto devem ser descontados TDAR, desconsiderando a existência da CMPC e da TR que a empresa utilize, conforme é a realidade.

A metodologia de definição das taxas de projeto não foram objeto de discussão dessa dissertação, mas a escolha correta é decisiva e determinante para uma análise mais assertiva do empreendimento.

Outra hipótese feita é sobre o quanto se deve variar na TDAR em relação à CMPC para a classificação de risco associada ao projeto (baixa, média ou alta). Segundo WESTON E BRIGHAM (2004), conforme já citado, a experiência do tomador de decisão e sua sensibilidade são determinantes para definir os ajustes referentes ao risco nas taxas de desconto do projeto. Para simplificação da análise e dos cálculos, foi definido no exemplo prático dessa dissertação que em projetos de baixo risco a $TDAR = CMPC + 1\%$, médio risco a $TDAR = CMPC$ e quando for de alto risco a $TDAR = CMPC + 1\%$, conforme previamente informado. Tal hipótese feita pode variar muito as análises e os resultados, mas para efeitos demonstrativos dos métodos analisados, foram escolhas satisfatórias.

- **Realização dos cálculos necessários para a análise do projeto de investimento:**

Todos os métodos utilizados foram calculados por meio do software Microsoft Excel, que é amplamente difundido no mundo empresarial.

Apesar da simplicidade em obter o VPL ao se descontar cada período do fluxo de caixa livre para se obter o fluxo de caixa descontado e somar seus termos, o método do VPL tradicional já possui duas funções financeiras nativas no programa que simplificam sua utilização, VPL e XVPL.

Durante a utilização da função VPL, é preciso atentar-se ao fato de que esta fórmula financeira do Excel assume que o investimento começa no período anterior ao inicial do fluxo de caixa e termina no último da lista. Caso aconteça do primeiro fluxo de

caixa ser no começo do primeiro período, o valor deste fluxo deverá ser somado ao resultado final do VPL, ou seja, este deve ser retirado dos argumentos da função.

A função XVPL se difere da função citada anteriormente no sentido de admitir fluxos de caixa que não sejam necessariamente periódicos.

O método do VPLM, não possui função nativa, por esse motivo foi criado por meio do VBA do Excel uma função definida pelo usuário. É possível realizar os cálculos passo-a-passo, mas essa metodologia seria muito mais complexa e demorada, demandando muita atenção por parte do manipulador da planilha para que não se cometa erros.

A implementação no Excel dos métodos de orçamento de capital Fuzzy, foi feita também por meio do VBA conforme já explicitado anteriormente nessa dissertação. Por meio das funções criadas pelo usuário VPLFuzzy e VPLMFuzzy, a utilização dos referidos métodos se tornou trivial. Tentar implementar tais métodos passo-a-passo na planilha é possível, mas extremamente complexo e trabalhoso.

Existem no mercado outros softwares que podem aplicar a lógica Fuzzy. O MATLAB (MATrix LABoratory), é a melhor opção para aplicar tais métodos, pois apresenta uma barra de ferramentas específica que possibilita a construção de sistemas e modelos de inferência ou cálculo Fuzzy. Apesar de permitir que o usuário possa construir trabalhos complexos, sua utilização requer conhecimentos sobre programação, mais especificamente da linguagem MATLAB (também chamada de M-código ou simplesmente M), o que restringe seu uso a usuários mais experientes.

- **Possibilidade de uso dos métodos analisados pelo mercado:**

O orçamento de capital é uma das atividades mais importantes de uma empresa que realiza projetos de investimento. Um dos principais objetivos é aumentar a riqueza dos acionistas por meio da seleção de projetos que sejam mais rentáveis.

Os métodos analisados nessa dissertação por meio da pesquisa documental exploratória realizada se mostraram muito eficientes, já que todos representaram a mesma opção pela rejeição do projeto de investimento. Entretanto, a união da lógica Fuzzy associada aos métodos modificados se mostra mais útil por possibilitar agregar ao cálculo de orçamento de capital as condições de incerteza presentes no projeto de investimento,

exigir menos esforço do avaliador do projeto acerca da previsão dos parâmetros e não assumir a premissa de apenas uma taxa de desconto, como nos métodos tradicionais.

Dessa forma, o VPLMFuzzy constitui uma metodologia de simples aplicação em situações reais e que poderia ser amplamente utilizada pelo mercado, já que possibilita uma análise visualmente simples e de fácil interpretação dos resultados obtidos. Por meio da defuzzyficação o tomador de decisão consegue verificar a possibilidade de sucesso e insucesso do investimento, algo que nos métodos determinísticos não é possível de se avaliar.

Vale ressaltar que em situações reais de orçamento de capital, se faz necessário a utilização de outros métodos e indicadores para realizar o estudo de viabilidade do projeto de investimento corretamente. Métodos como a TIR e a TIRM, apresentados nessa dissertação, poderiam ser utilizados para essa finalidade de indicadores secundários.

Apesar de não ter sido realizado no exemplo estudado e não ser o objetivo dessa dissertação, o processo de seleção entre alternativas de projetos de investimento é uma atividade mais comum no dia-a-dia dos investidores e tomadores de decisão. Por meio da avaliação da viabilidade de diversos projetos que muitas vezes tem horizontes de vida e escala diferentes, a utilização de um único método de avaliação se torna ainda mais inadequado. O ideal é combinar métodos que possam se beneficiar dos pontos fortes um do outro, superando as desvantagens individuais, bem como as limitações de cada um.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Análises de investimentos por métodos determinísticos pressupõe uma aproximação grosseira da realidade. Quanto maior o tempo de duração e a complexidade do projeto de investimento, maior será o risco associado às aproximações feitas com relação aos riscos e incertezas. As variáveis de caixa contêm uma imprevisibilidade quanto aos valores futuros, que podem decorrer de diversos fatores como: Flutuações cambiais, volatilidade econômica nos valores do mercado internacional, mudanças de tecnologia, eventos naturais, política, etc. Tal dificuldade em se estimar o fluxo de caixa de um projeto podem levar os tomadores de decisão e investidores a tomarem decisões equivocadas na alocação do capital.

A utilização de análises de sensibilidade para verificar a influência das incertezas no resultado do projeto, são uma ferramenta de difícil execução e interpretação utilizadas para verificar o risco do investimento nos métodos de orçamento de capital determinísticos. Por meio da lógica Fuzzy é possível quantificar as incertezas presentes no projeto de uma maneira simples e intuitiva, além de permitir avaliar a iteração de todas as incertezas de uma só vez, gerando um único número Fuzzy como resposta.

Com os métodos de orçamento de capital Fuzzy para a avaliação de projetos de investimento sob condição de incerteza, informações relevantes aos investidores são obtidas por considerarem o uso de faixas de incerteza das variáveis em seu cálculo. Como resposta da aplicação destes métodos, são determinados conjuntos Fuzzy que, ao serem defuzzyficados, são transformados em indicadores de fácil interpretação, o que é muito útil para que gestores possam tomar suas decisões. Possibilitar que a análise seja mais visual também é uma vantagem dos métodos Fuzzy, pois mesmo gestores não familiarizados com as técnicas de orçamento de capital utilizadas, poderão interpretar os resultados obtidos.

O método do VPLFuzzy se mostrou muito eficiente para avaliar as incertezas presentes nos investimentos, entretanto sua associação com os métodos modificados por meio do VPLMFuzzy, se aproxima mais ainda das condições de mercado. A utilização das taxas de financiamento e de reinvestimento, ao invés de uma única taxa de desconto é o que ocorre na realidade das empresas, possibilitando assumir menos hipóteses sobre

como as variáveis relacionadas se comportam e assim gerando uma análise dos investimentos sob condições de incerteza mais assertiva.

7.1 LIMITAÇÕES DA DISSERTAÇÃO

Algumas limitações foram encontradas na elaboração desta dissertação e precisam ser pontuadas por serem importantes para uma melhor compreensão do que foi demonstrado durante o trabalho.

Ao analisar os gráficos gerados por meio da utilização do VPLMFuzzy, foi verificado que os TFN's das respostas possuem uma variação muito maior entre os valores mais pessimistas e mais otimistas, com relação ao VPLFuzzy. Tal aumento expressivo ocorreu provavelmente por conta de o número de contas realizadas no método ser muito maior que nos métodos tradicional do VPLFuzzy. Nos métodos determinísticos também foi possível verificar um uma variação nos valores da resposta entre o VPLM e o VPL, pelo mesmo motivo do ocorrido nos métodos Fuzzy. Metodologias para mitigar essa variância podem ser implementadas, mas não foram objeto de estudo nessa dissertação.

Outra limitação importante de se destacar foi que durante a realização da análise de sensibilidade realizada nos métodos determinísticos, poderiam ter sido realizados técnicas mais sofisticadas do que a aplicada, que contemplassem na análise a correlação entre as variáveis. Entretanto, tais métodos fugiriam do escopo proposto para essa dissertação e por esse motivo não foram analisados a fundo. Em situações reais de análise de investimentos sob risco ou incerteza, se faz necessário a investigação das variáveis pertinentes de maneira mais aprofundada.

7.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

É notável como as FDU's criadas no VBA do Microsoft Excel simplificaram a aplicação dos métodos utilizados na análise do projeto de investimento realizada nessa dissertação. Entretanto, melhorias nos códigos sempre são possíveis e podem possibilitar que os métodos sejam utilizados em projetos de investimento com mais facilidade.

A primeira melhoria proposta é possibilitar a utilização de fluxos de caixa não-periódicos no cálculo dos métodos avaliados por meio de modificações nos FDU's, analogamente ao que é executado pela função XVPL nativa do Microsoft Excel.

Uma sugestão para trabalhos futuros, é investigar a utilização de outros métodos de orçamento de capital aliados a números Fuzzy, mais atuais, verificando sua aplicabilidade por meio de experimentações com dados reais. Diversos pesquisadores têm trabalhado com outras opções de números Fuzzy além das apresentadas nessa dissertação, podendo contribuir muito para uma melhor interpretação e modelagem das incertezas inerentes aos projetos de investimento. Alguns dos principais exemplos dessas teorias Fuzzy, com referências para que o leitor possa investigar mais a fundo tais inovações, são as seguintes:

- Números Fuzzy Intuicionistas; (ATANASSOV, 1983)
- Números Fuzzy Pitagóricos; (YAGER, 2013)
- Números Fuzzy Fermateanos; (SENAPATI; YAGER, 2020)
- Números Fuzzy Ortopair q-Rung; (YAGER, 2016)
- Números Fuzzy Neutrosóficos; (SMARANDACHE, 1999)
- Números Fuzzy de Imagem; (CUONG, 2014)
- Números Fuzzy Esféricos; (KUTLU; KAHRAMAN, 2019)

REFERÊNCIAS

AMORIM, F. R. de; ABREU, P. H. C. de; PATINO, M. T. O.; TERRA, L. A. A. Project Risk Analysis: An Application of the Monte Carlo Method in a Company of the Furniture Sector. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies*, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 332–357, 2018.

ATANASSOV, K. Intuitionistic fuzzy sets, VII ITKR's Session (Sofia, June 1983 Central Sci and tech. Library) (V. Sgurev, ed.), Blug. Academy of Sciences, Sofia, 1984.

BARALDI, P. *Gerenciamento de Riscos Empresariais*. 1. Ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2010.

BEAVES, R. G. The Case for a Generalized Net Present Value Formula. *The Engineering Economist*, v. 38, n. 2, p. 119-133, Winter 1993.

BRIGHAM, E. F.; GAPENSSKI, L. C.; EHRHARDT, M. C. *Administração Financeira: Teoria e Prática*. São Paulo: Editora Atlas, 2001.

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

CHIU, C.Y.; PARK, C. S. Capital Budgeting Decisions With Fuzzy Projects, *The Engineering Economist*, vol.43:2, pp.125-150, 1998.

COSENZA, C.A.N.; GRECCO, C. H. S.; VIDAL, M. C. R.; DOS SANTOS, I. J. A. L.; DE CARVALHO, P. V. R. Safety culture assessment: A fuzzy model for improving safety performance in a radioactive installation. *Progress in Nuclear Energy (New Series)*, v. 70, p. 71-83, 2014.

COSENZA, H. J. S. R.; MOREÍ, J. D.; COSENZA, C. A. S. R.; CARVALHO, J. B. B.; VILLELA, L. E. Aplicação de um modelo de hierarquização como instrumento para a tomada de decisão - caso de uma multinacional. In: *Encontro Nacional de Engenharia de Produção.*, 2006, Fortaleza. *Anais do XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção.*, v. 1. p. 1-8, 2006.

COSTA, B. E. da.; *Estudo bibliométrico sobre opções reais no Brasil*. 2014. 255 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais Aplicadas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

CUONG, B. C.; KREINOVICH, V. Picture fuzzy sets. *Journal of Computer Science and Cybernetics*, v. 30, n. 4, p. 409-420, 2014.

DAMODARAN, A. *Finanças Corporativas: Teoria e Prática*. 2. Ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2004.

DIAS, S. M. P.; MOURA, L. C. B.; COSENZA, C. A. N.; COSENZA, H. J. S. R.; AMARAL, S. M.; SOUZA, M. P. Cost of Capital and Fuzzy Logics. *International journal of Advances in Engineering and Management (IJAEM)*, v. 3, p. 115-122, 2021.

DOROTA, K., Fuzzy capital budgeting, *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 111, issue 3, pp.367-385, 1997.

DUBOIS, D.; PRADE, H. *Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications*. Academic Press, Inc., USA, 1997.

DUBOIS, D.; PRADE, H. Ranking Fuzzy Numbers in the Setting of Possibility Theory. *Information Sciences*, Vol 30, pp.183-224, 1983.

GRECCO, C. H. S.; CARVALHO, P. V. R.; COSENZA, C. A. N.; VIDAL, M. C. R. A fuzzy model for safety culture assessment. *Instituto de engenharia nuclear: progress report*, v. 2, p. 43, 2015.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GITMAN, L. J. *Princípios de administração financeira*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

GUERRA, M. L.; MAGNI, C. A.; STEFANINI, L. Average Rate of Return with Uncertainty In: *Advances in Computational Intelligence*, part IV, BERLIN HEIDELBERG, Springer-Verlag, 2012, p. 64-73 (14th International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty, IPMU 2012, Catania, 9-13 July 2012).

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

HANSS, M. *Applied Fuzzy Arithmetic: An Introduction with Engineering Applications*. Springer-Verlag: Berlin Heidelberg, 2005.

KAHRAMAN, C.; ONAR, S. C.; OZTAYSI, B.; SARI, I. U.; CEBI, S.; TOLGA, A. C.; (Eds.). *Intelligent and Fuzzy Techniques: Smart and Innovative Solutions: Proceedings of the INFUS 2020 Conference*, Istanbul, Turkey, July 21-23, Springer Nature, 2020.

KAHRAMAN, C; RUAN, D.; TOLGA, E. Capital budgeting techniques using discounted fuzzy versus probabilistic cash flows. *Information Sciences*, v. 142, n. 1-4, p. 57-76, 2002.

KASSAI, J. R.; CASANOVA, S. P. de C.; SANTOS, A. dos; ASSAF NETO, A. *Retorno de Investimento: Abordagens Matemática e Contábil do Lucro Empresarial*. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 2007.

KAUFMANN, A. Fuzzy Subsets Applications in O. R. and management. In: JONES, KAUFMANN e ZIMMERMANN (Eds.). *Fuzzy Sets Theory and Applications*. Belgium: Reidel Publishing Company, p. 257-300, 1985.

KAUFMANN, A.; GUPTA, M. M. *Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science*. The Netherlands: Elsevier Science Publishers B.V., 1988.

KOHAGURA, T. *Lógica Fuzzy e suas aplicações*. Monografia (Graduação em Ciência da Computação) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

KPMG CORPORATE FINANCE LTDA. Relatório de avaliação econômico-financeira dos Direitos Minerários de Bauxita - Vale S.A. Rio de Janeiro, 2010.

KUCHTA, D.; ZABOR, A. Fuzzy Uncertainty Modelling in Cost and Cash Flow Forecasting in Project. In: KAHRAMAN C., CEVIK ONAR S., OZTAYSI B., SARI I., CEBI S., TOLGA A. (Eds) Intelligent and Fuzzy Techniques: Smart and Innovative Solutions. INFUS 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1197, pp. 1206–1215, Springer, 2021.

KUTLU, G. F.; KAHRAMAN, C. Spherical fuzzy sets and spherical fuzzy TOPSIS method. Journal of intelligent & fuzzy systems, v. 36, n. 1, p. 337-352, 2019.

LIMA FILHO, R. I. R. Estimating the production function for the Brazilian industrial sector: A Bayesian panel VAR approach. Cogent business & management, v. 9, p. 1-10, 2022.

MCCLURE, K. G.; GIRMA, P. B. Modified Net Present Value (MNPV): A New Technique for Capital Budgeting. Zagreb International Review of Economics and Business, Conference issue, v. 7, n. 4, p. 67-82, 2004.

MEIRELES, J.L.F. *A teoria das opções reais como instrumento de avaliação de projeto de investimentos*. 117p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

MOTTA, R. da R.; GONÇALVES, A.; NEVES, C. das; NAKAGAVA, M.; COSTA, R. P da. Engenharia Econômica e Finanças. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

NEVES, C. Análise de Investimentos: Projetos Industriais e Engenharia Econômica. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1981.

OLIVEIRA, H. A. J. Lógica difusa: aspectos práticos e aplicações. Rio de Janeiro: Interciência, 1999.

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 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

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

PLATH, D. A.; KENNEDY, W. F. A Return-Based Alternative to IRR Evaluations. Healthcare Financial Management, v. 48, n. 3, p. 38-49, mar. 1994.

PLATH, D. A.; KENNEDY, W. F. Teaching Return-Based Measures of Project Evaluation. Financial Practice & Education, v. 4, n. 1, p. 77-86, Spring/Summer, 1994.

POURABDOLLAH, A.; MENDEL, J.; JOHN, R. Alpha-cut representation used for defuzzification in rule-based systems. Fuzzy Sets and Systems. 399, 2020.

REBELATTO, D.A.N. Projeto de investimento: com estudo de caso completo na área de serviços. BARUERI: Editora Manole, 2004.

ROSS, S. A.; JORDAN, B. D.; WESTERFIELD, R. W. Princípios de Administração Financeira. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2000.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. A.; JAFFE, J. F. Administração Financeira: Corporate Finance. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2011.

SAMPAIO FILHO, A. C. de S.; VELLASCO, M. M. B. R.; TANSCHKEIT, R. Modified Net Present Value under Uncertainties: An Approach Based on Fuzzy Numbers and Interval Arithmetic. *Advances in Computational Intelligence, part IV*, Berlin Heidelberg, Springer-Verlag, p. 10-19 (14th International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty), 2012.

SAMPAIO FILHO, A. C. de S. *Métodos Modificados de Avaliação de Investimentos em Condições de Incerteza: Uma Abordagem Baseada em Números Fuzzy*. Tese de Doutorado – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2014.

SAMRANDACHE, F. A unifying field in logics. *Neutrosophy: Neutrosophic probability, set and logic, rehoboth*. 1999.

SANCHES, A. L.; MONTEVECHI, J. A. B.; PAMPLONA, E. O.; RIBEIRO, D. A. Análise de sensibilidade na avaliação de investimentos por “DOE” simulado. *Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia*, 6, 12. 2003.

SENAPATI, T.; YAGER, R. R. Fermatean fuzzy sets. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, v. 11, n. 2, p. 663-674, 2020.

SERGI, D.; SARI, I.U.; Fuzzy Capital Budgeting Using Fermatean Fuzzy Sets. In: KAHRAMAN C., CEVIK ONAR S., OZTAYSI B., SARI I., CEBI S., TOLGA A. (Eds) *Intelligent and Fuzzy Techniques: Smart and Innovative Solutions. INFUS 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1197, pp. 448–456, Springer, 2021.

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

SILVA, L. C. *Avaliação de projetos de investimento reais através de métodos dinâmicos: aplicação ao terceiro setor*. Dissertação de Doutorado - Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2022.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da produção*. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SOUZA, M. P.; MOURA, L. C. B.; COSENZA, C. A. N.; FONTANILLAS, C. N.; COSENZA, H. J. S. R.; AMARAL, S. M.; DIAS, S. M. P. Analysis to determine the most suitable location for a photovoltaic solar plant using coppe-cosenza method: Case Study Rio de Janeiro - Brazil. *International journal of development research*, v. 11, p. 20-25, 2021.

SOUZA, P.; SCHNORRENBARGER, D.; LUNKES, R. J. Práticas de orçamento de capital predominantes na literatura internacional. *Innovar*, Bogotá, vol. 26, n. 60, p. 103-116, 2016.

TORRES, O. F. F. Fundamentos da Engenharia Econômica e da Análise Econômica de Projetos. São Paulo: Thomson Learning, 2006.

UCAL, S. I.; KAHRAMAN, C. Interval Type-2 Fuzzy Capital Budgeting. *Int. J. Fuzzy Syst.* vol. 17, 635–646, 2015.

WESTON, J. F.; BRIGHAM, E. F. Fundamentos da Administração Financeira. 10. Ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 2004.

YAGER, R. R. Pythagorean fuzzy subsets. In: 2013 joint IFSA world congress and NAFIPS annual meeting (IFSA/NAFIPS). IEEE, p. 57-61, 2013.

YAGER, R. R. Generalized orthopair fuzzy sets. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, v. 25, n. 5, p. 1222-1230, 2016.

ZADEH, L.A. Fuzzy sets. *Information and control.* vol. 8., issue 3, pp.338-353, 1965.

APÊNDICE A – CÓDIGOS DO VBA

O objetivo desse apêndice é apresentar os códigos de VBA (Visual Basic for Applications) utilizados no Microsoft Excel para realizar o estudo de exemplo utilizado na dissertação. Foram criadas três funções financeiras novas dentro do Microsoft Excel: MVPL, VPLFuzzy e MVPLFuzzy.

Para visualizar e realizar a implementação dos códigos VBA das funções definidas pelo usuário (FDU), é necessário pressionar as teclas Alt + F11 ou selecionar no menu: “Exibição”, “Macros”, “Exibir Macros”, “Editar”. Após este procedimento, basta colar o código descrito neste apêndice. Recomenda-se ler todo o código para entender a aritmética por trás.

Em Sampaio Filho (2014), o autor apresenta os códigos utilizados neste trabalho. Foram feitas apenas melhorias na descrição das etapas de cálculo e variáveis, para melhor compreensão do leitor e do usuário dos códigos. Abaixo pode-se verificar o código de VBA utilizado nessa dissertação:

```
'=====
```

```
' Autor dos códigos originais: Antonio Carlos de Souza Sampaio Filho
```

```
' Modificações e comentários desta versão: Rodrigo Pestana Cunha Telles
```

```
'=====
```

```
'DICA IMPORTANTE: Para conseguir visualizar os argumentos que a função pede, basta  
ao chamar a função, clicar CTRL+SHIFT+A.
```

```
Option Base 1 ' Altera o índice mínimo padrão dos vetores de 0 para 1.
```

```
Public Function MVPL(Valores As Range, Taxa_financ As Double, Taxa_reinvest As  
Double, Taxa_desconto As Double) As Double
```

```
Dim ValoresPos() As Double ' Dimensionar vetores para os fluxos de caixa positivos.
```

```
Dim ValoresNeg() As Double ' Dimensionar vetores para os fluxos de caixa negativos.
```

```
ReDim ValoresPos(Valores.Count)
```

```
ReDim ValoresNeg(Valores.Count)
```

```
Application.ScreenUpdating = False ' Impedir a atualização da tela durante a execução  
da macro.
```

```
For I = 1 To Valores.Count ' Criar vetores de fluxos de caixa positivos e de negativos.
```

```

If Valores(I) >= 0 Then
ValoresPos(I) = Valores(I)
ValoresNeg(I) = 0
Else
ValoresNeg(I) = Valores(I)
ValoresPos(I) = 0
End If
Next
VPLpos = NPV(Taxa_reinvest, ValoresPos) ' Calcular o VPL dos fluxos de caixa
positivos.
VT = VPLpos * ((1 + Taxa_reinvest) ^ (Valores.Count)) ' Calcular Valor Terminal dos
fluxos de caixa positivos.
VPLneg = NPV(Taxa_financ, ValoresNeg) ' Calcular VPL dos fluxos de caixa negativos.
VP = VPLneg * (1 + Taxa_financ) ' Calcular Valor Presente dos fluxos de caixa
negativos.
MVPL = VT / ((1 + Taxa_desconto) ^ (Valores.Count - 1)) + VP ' Calcular a MVPL.
End Function

```

```

Sub DetalhesFuncoesMVPL() ' Macro complementar para inserir a descrição da função
MVPL.

```

```

Application.MacroOptions Macro:="MVPL", Description:="Retorna o valor presente
líquido modificado para uma série de fluxos de caixa periódicos, considerando o custo do
investimento e os juros de reinvestimento de caixa.", Category:=1

```

```

End Sub

```

```

Public Function VPLFuzzy(ValoresM1 As Range, ValoresM2 As Range, ValoresM3 As
Range, TaxaM1 As Double, TaxaM2 As Double, TaxaM3 As Double, GrauPertinência
As Double, Tipo_0seL_1seR As Double) As Double

```

```

Dim FCleft() As Double ' Dimensionamento dos vetores para os fluxos de caixa Fuzzy
left.

```

```

Dim FCright() As Double ' Dimensionamento dos vetores para os fluxos de caixa Fuzzy
right.

```

```

ReDim FCleft(ValoresM1.Count)

```

```

ReDim FCright(ValoresM1.Count)

```

Application.ScreenUpdating = False ' Impedir a atualização da tela durante a execução da macro.

If ValoresM1.Count <> ValoresM2.Count Or ValoresM1.Count <> ValoresM3.Count
Then

' Verificação se a quantidade de elementos dos fluxos de caixa Fuzzy m1, m2 e m3 é igual.

VPLFuzzy = CVErr(xlErrNum)

Exit Function

Else

End If

For I = 1 To ValoresM1.Count

FCleft(I) = ValoresM1(I) + (ValoresM2(I) - ValoresM1(I)) * GrauPertinência ' Cálculo dos vetores de fluxos de caixa Fuzzy left para um determinado grau de pertinência.

FCright(I) = ValoresM3(I) - (ValoresM3(I) - ValoresM2(I)) * GrauPertinência ' Cálculo dos vetores de fluxos de caixa Fuzzy right para um determinado grau de pertinência.

Next

TXleft = TaxaM1 + (TaxaM2 - TaxaM1) * GrauPertinência ' Cálculo das taxas de desconto Fuzzy left para um determinado grau de pertinência.

TXright = TaxaM3 - (TaxaM3 - TaxaM2) * GrauPertinência ' Cálculo das taxas de desconto Fuzzy right para um determinado grau de pertinência.

Somatorio = 0 ' Cálculo do VPLFuzzy(left, alfa) se Tipo=0 ou do VPLFuzzy(right, alfa) se Tipo=1 para um determinado grau de pertinência.

If Tipo_0seL_1seR = 0 Then

For I = 1 To ValoresM1.Count

If FCleft(I) > 0 Then

Somatorio = Somatorio + FCleft(I) / ((1 + TXright) ^ I)

Else

Somatorio = Somatorio + FCleft(I) / ((1 + TXleft) ^ I)

End If

Next

Else

For I = 1 To ValoresM1.Count

If FCright(I) > 0 Then

Somatorio = Somatorio + FCright(I) / ((1 + TXleft) ^ I)

```

Else
Somatorio = Somatorio + FCright(I) / ((1 + TXright) ^ I)
End If
Next
End If
VPLFuzzy = Somatorio
End Function

```

Sub DetalhesFuncoesVPLFUZZY() ' Macro complementar para inserir a descrição da função VPLFuzzy.

```

Application.MacroOptions Macro:="VPLFuzzy", Description:="Retorna o valor presente líquido Fuzzy para uma série de fluxos de caixa periódicos e taxas de desconto representados como números triangulares Fuzzy, para um grau de pertinência.", Category:=1
End Sub

```

```

Public Function MVPLFuzzy(ValoresM1 As Range, ValoresM2 As Range, ValoresM3 As Range, Taxa_financM1 As Double, Taxa_financM2 As Double, Taxa_financM3 As Double, Taxa_reinvestM1 As Double, Taxa_reinvestM2 As Double, Taxa_reinvestM3 As Double, Taxa_descontoM1 As Double, Taxa_descontoM2 As Double, Taxa_descontoM3 As Double, GrauPertinência As Double, Tipo_0seL_1seR As Double) As Double

```

```

Dim FCleft() As Double ' Dimensionamento dos vetores para os fluxos de caixa Fuzzy left.

```

```

Dim FCright() As Double ' Dimensionamento dos vetores para os fluxos de caixa Fuzzy right.

```

```

ReDim FCleft(ValoresM1.Count)

```

```

ReDim FCright(ValoresM1.Count)

```

```

Application.ScreenUpdating = False ' Impedir a atualização da tela durante a execução da macro.

```

```

If ValoresM1.Count <> ValoresM2.Count Or ValoresM1.Count <> ValoresM3.Count Then

```

```

' Verificação se a quantidade de elementos dos fluxos de caixa Fuzzy m1, m2 e m3 é igual.

```

```

MVPLFuzzy = CVErr(xlErrNum)
Exit Function
Else
End If
For I = 1 To ValoresM1.Count
FCleft(I) = ValoresM1(I) + (ValoresM2(I) - ValoresM1(I)) * GrauPertinência ' Cálculo
dos vetores de fluxos de caixa Fuzzy left para um determinado grau de pertinência.
FCright(I) = ValoresM3(I) - (ValoresM3(I) - ValoresM2(I)) * GrauPertinência ' Cálculo
dos vetores de fluxos de caixa Fuzzy right para um determinado grau de pertinência.
Next
Taxa_financleft = Taxa_financM1 + (Taxa_financM2 - Taxa_financM1) *
GrauPertinência ' Cálculo das taxas de financiamento Fuzzy (left e right) para um
determinado grau de pertinência.
Taxa_financright = Taxa_financM3 - (Taxa_financM3 - Taxa_financM2) *
GrauPertinência
Taxa_reinvestleft = Taxa_reinvestM1 + (Taxa_reinvestM2 - Taxa_reinvestM1) *
GrauPertinência ' Cálculo das taxas de reinvestimento Fuzzy (left e right) para um
determinado grau de pertinência.
Taxa_reinvestright = Taxa_reinvestM3 - (Taxa_reinvestM3 - Taxa_reinvestM2) *
GrauPertinência
Taxa_descontoleft = Taxa_descontoM1 + (Taxa_descontoM2 - Taxa_descontoM1) *
GrauPertinência
' Cálculo das taxas de desconto Fuzzy (left e right) para um determinado grau de
pertinência.
Taxa_descontoright = Taxa_descontoM3 - (Taxa_descontoM3 - Taxa_descontoM2) *
GrauPertinência
VT = 0 ' Cálculo do valor terminal (left, alfa) ou (right, alfa) para um determinado grau
de pertinência.
VP = 0 ' Cálculo do valor do presente (left, alfa) ou (right, alfa) para um determinado
grau de pertinência.
If Tipo_0seL_1seR = 0 Then
For I = 1 To ValoresM1.Count
If FCleft(I) >= 0 Then
VT = VT + FCleft(I) * ((1 + Taxa_reinvestleft) ^ (ValoresM1.Count - I))

```

```

Else
VP = VP + FCleft(I) / ((1 + Taxa_financleft) ^ (I - 1))
End If
Next
Else
For I = 1 To ValoresM1.Count
If FCright(I) > 0 Then
VT = VT + FCright(I) * ((1 + Taxa_reinvestright) ^ (ValoresM1.Count - I))
Else
VP = VP + FCright(I) / ((1 + Taxa_financright) ^ (I - 1))
End If
Next
End If
If Tipo_0seL_1seR = 0 Then ' Cálculo do MVPLFuzzy (left, alfa) se Tipo=0 ou do
MVPLFuzzy (right, alfa) se Tipo=1 para um determinado grau de pertinência.
MVPLFuzzy = VT / ((1 + Taxa_descontoright) ^ (ValoresM1.Count - 1)) + VP
Else
MVPLFuzzy = VT / ((1 + Taxa_descontoleft) ^ (ValoresM1.Count - 1)) + VP
End If
End Function

```

Sub DetalhesFuncoesMVPLFUZZY() ' Macro complementar para inserir a descrição da função MVPLFuzzy.

Application.MacroOptions Macro:="MVPLFuzzy", Description:="Retorna o valor presente líquido modificado Fuzzy para uma série de fluxos de caixa periódicos e taxas de desconto representados como números Fuzzy triangulares, para um grau de pertinência.", Category:=1

End Sub

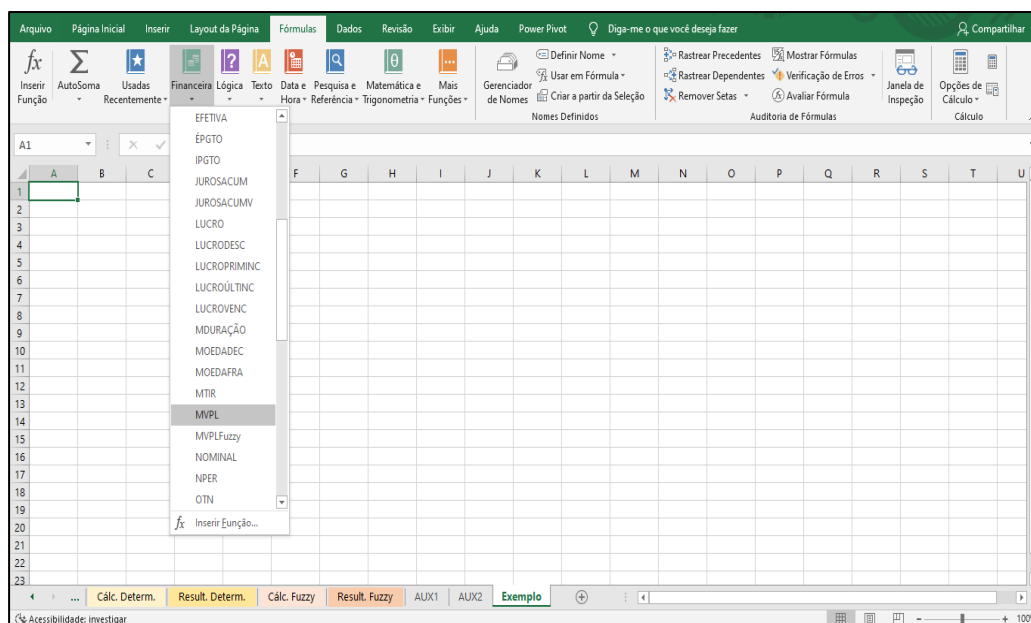
APÊNDICE B – UTILIZAÇÃO DAS FUNÇÕES NO EXCEL

Para se explicar melhor como a implementação das funções financeiras, criadas no Microsoft Excel deve ser feita, foi elaborado o presente apêndice para servir como um simples manual de utilização.

Existem duas maneiras de chamar as FDU criadas, no Excel:

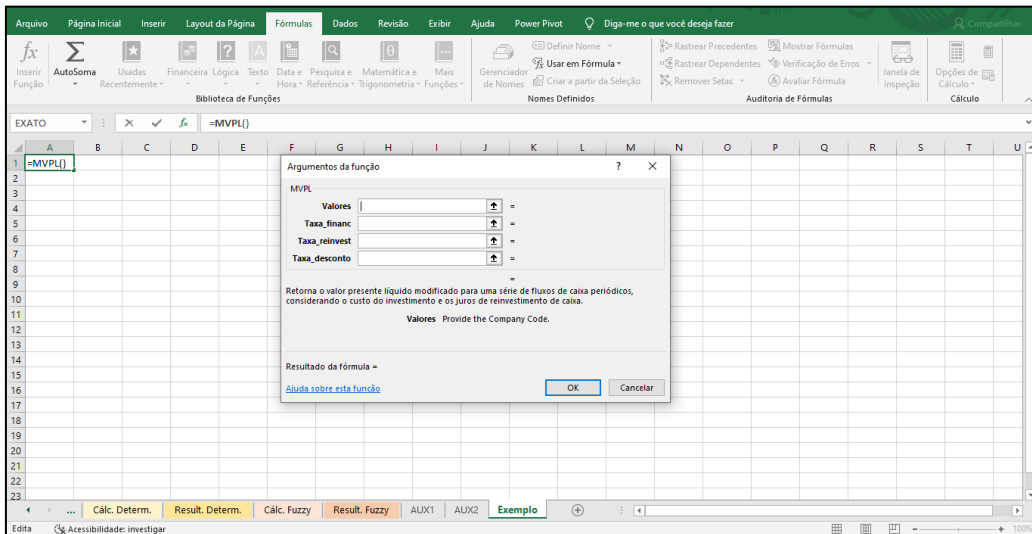
- 1) Escrevendo o nome da função na célula que se deseja que o cálculo seja realizado. Nesse caso, para demonstrar os argumentos da função, deve-se apertar as teclas CTRL + SHIFT + A. Tal procedimento irá apresentar na tela todos os argumentos que a função possui, facilitando ao usuário saber cada termo necessário ao cálculo do método, assim como a ordem em que eles precisam ser colocados.
- 2) Chamando as funções por meio da aba “Fórmulas”. Nesse procedimento, mais intuitivo, as funções apresentarão janelas para a implementação das mesmas. Nas figuras 28 até a 32, pode-se observar como vai aparecer tais janelas ao usuário.

Figura 28: Menu do Excel – Aba “Fórmulas”



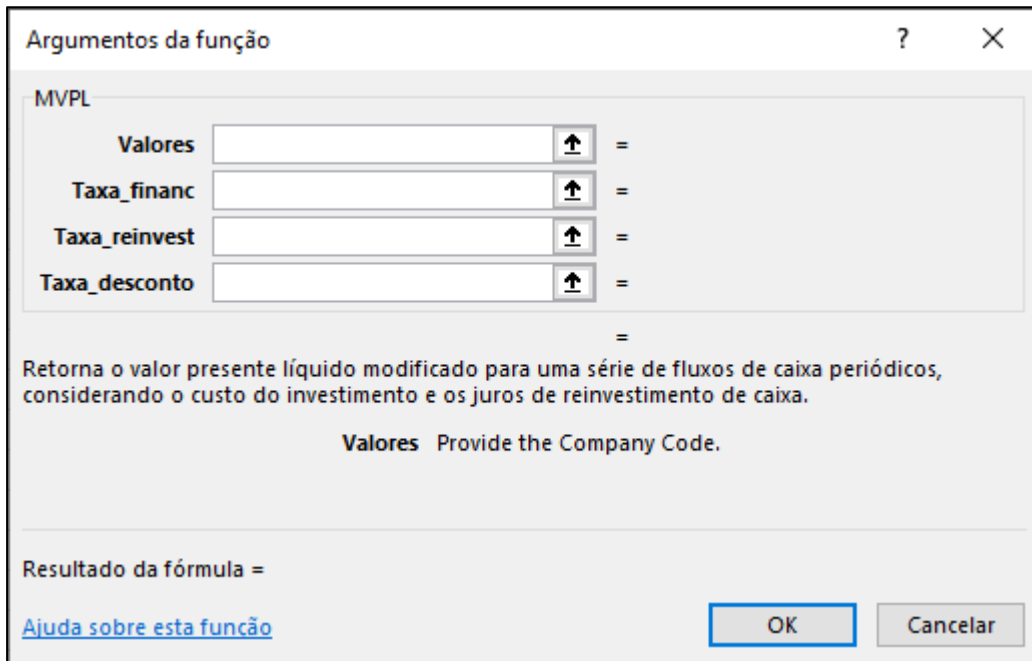
Fonte: Elaboração própria

Figura 29: Janela para Implementar os Argumentos das FDU



Fonte: Elaboração própria

Figura 30: Janela da função MVPL



Fonte: Elaboração própria

Figura 31: Janela da função VPLFuzzy

Argumentos da função

VPLFuzzy

ValoresM1 ↑ =

ValoresM2 ↑ =

ValoresM3 ↑ =

TaxaM1 ↑ =

TaxaM2 ↑ =

=

Retorna o valor presente líquido fuzzy para uma série de fluxos de caixa periódicos e taxas de desconto representados como números triangulares fuzzy, para um grau de pertinência.

ValoresM1

Resultado da fórmula =

[Ajuda sobre esta função](#)

Fonte: Elaboração própria

Figura 32: Janela da função VPLMFuzzy

Argumentos da função

MVPLFuzzy

ValoresM1 ↑ =

ValoresM2 ↑ =

ValoresM3 ↑ =

Taxa_financM1 ↑ =

Taxa_financM2 ↑ =

=

Retorna o valor presente líquido modificado fuzzy para uma série de fluxos de caixa periódicos e taxas de desconto representados como números fuzzy triangulares, para um grau de pertinência.

ValoresM1

Resultado da fórmula =

[Ajuda sobre esta função](#)

Fonte: Elaboração própria