

UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

RICARDO REIFF GUEDES PINTO

**APLICAÇÃO DA FERRAMENTA *SOLVER* NAS TOMADAS DE DECISÕES EM
ANÁLISE DE VIABILIDADE FINANCEIRA DE PROJETOS:
Uma proposta de eliminações de incertezas, com apoio da Lógica
Paraconsistente Anotada de anotação com dois Valores (LPA2v)**

SANTOS/SP
2016

RICARDO REIFF GUEDES PINTO

**APLICAÇÃO DA FERRAMENTA *SOLVER* NAS TOMADAS DE DECISÕES EM
ANÁLISE DE VIABILIDADE FINANCEIRA DE PROJETOS:**

**Uma proposta de eliminações de incertezas, com apoio da Lógica
Paraconsistente Anotada de Anotação com dois Valores (LPA2v)**

Dissertação apresentada a Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para obtenção de título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, sob a orientação do Prof. Dr. João Inácio da Silva Filho.

**SANTOS/SP
2016**

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

Guedes Pinto, Ricardo Reiff.

Aplicação da ferramenta Solver, nas tomadas de decisões em análise de viabilidade financeira de projetos: Uma proposta de eliminações de incertezas, com apoio da Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores (LPA2v). / Ricardo Reiff Guedes Pinto. - 2016.
n. de f.71

Orientador: Prof. Dr. João Inácio da Silva Filho.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Santos, SP, 2016.

1. Tomada de decisão. 2. Pesquisa Operacional. 3. VPL
4. Lógica Paraconsistente Anotada.

I. Da Silva Filho, João Inácio, orient.

II. Aplicação da Ferramenta Solver nas tomadas de decisões em análise de viabilidade financeira de projetos: Uma proposta de eliminações de incertezas, com apoio da Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de (LPA2v).

Elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas - Unisanta

Dedico este trabalho a todos os mestres que de forma parcial ou integral contribuíram para minha formação acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. João Inácio da Silva Filho, por me apresentar o universo da Lógica Paraconsistente, pelo incentivo, orientação, dedicação e colaboração não restritas apenas a este trabalho.

À Prof^a Dra. Maria Cristina Pereira Matos, PhD, por seu apoio e incentivo no decorrer do curso de mestrado.

A todos os mestres, com os quais tive o prazer de conviver durante minha vida acadêmica. Cada um deles tem uma parcela de contribuição na construção do meu conhecimento e na formação profissional.

À minha esposa Prof^a Me Tânia Cristina dos Santos Guedes Pinto e, aos meus filhos, pelo incentivo e paciência.

RESUMO

Adotar ferramentas de gestão que possam contribuir para tomadas de decisões mais assertivas, ou seja, com o menor número de incertezas, são na atualidade um grande desafio no mundo dos negócios. Dessa forma, o presente estudo visa contribuir com indicações de ferramentas que possam auxiliar as tomadas de decisões gerenciais. Logo, este trabalho em forma de dissertação de mestrado, se propõe a analisar a viabilidade da utilização de algoritmos fundamentados em Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores (LPA2v) e sua associação com a ferramenta computacional *Solver* (aditivo da *Excel Microsoft*) como apoio às tomadas de decisões em situações de incertezas. Para tanto, foi empregada uma simulação de situação-problema baseada em um *case*, o qual envolveu seis projetos mutuamente excludentes, com diversas variáveis, dificultando assim a tomada de decisão em função das dúvidas e incertezas. Os resultados apontaram que as ferramentas, *Solver*, e as Redes de análises baseadas em LPA2v, estudadas isoladamente não proporcionariam condições para tomada de decisões mais assertivas. A simulação do problema, por meio das análises dos resultados, permitiu observar que a LPA2v agregou grau de confiabilidade à ferramenta computacional *Solver*, indicando tomadas de decisões que se mostraram mais próximas dos acontecimentos e ocorrências posteriormente constatadas. Esta técnica de agregar as duas metodologias unindo o *Solver* com as redes de análises LPA2v deixa fundamentado os procedimentos para pesquisas que permitam a utilização de novas estruturas com maior complexidade. Além disso, tal técnica é capaz de responder às outras situações de tomadas de decisão que exijam procedimentos diferentes de gestão de projetos.

Palavras-chave: Pesquisa operacional. *Solver*. Tomada de decisões. Lógica paraconsistente anotada. Incerteza.

ABSTRACT

Adopting management tools, which can contribute to take more assertive decisions with fewer uncertainties, is currently a major challenge in the business world. Therefore, this study aims at pinpointing tools that can help in the management decision making. The goal of this master's dissertation is to analyse the feasibility of using algorithms based on Paraconsistent Annotated Logic with annotation of two values (PAL2v) and its association with the Solver computer tool (Microsoft Excel additive) as well as support the decision-making in uncertain situations. It was used a problem-situation simulation based on a case, which was presented during a workshop in which six mutually exclusive projects with several variables were involved, making the decision making process more difficult due to doubts and uncertainties. Results showed that the tools - Solver and the networks of analysis based on PAL2v - analysed in isolation did not provide conditions for more assertive decisions. Therefore, the problem simulation, through the results analysis, showed that PAL2v increased the reliability level to Solver, indicating decision-makings that were closer to the events and occurrences that were later identified. This technique of merging these two methodologies by joining Solver with the analysis networks based on PAL2v substantiates procedures for researches that allow the usage of new structures with a greater level of complexity. Furthermore, such technique is also qualified to respond to other decision-making situations that require different project management procedures.

Key-words: Operational Research. Solver. Decision-making. Paraconsistent annotated logic. Uncertainty.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Problemas no processo de Decisão.....	23
Figura 2 - Fases da tomada de decisão.	24
Figura 3 - Fases da Pesquisa Operacional.	25
Figura 4 - Processo de tomada de decisão.....	26
Figura 5 - Reticulado finito de HASSE.	35
Figura 6 - Representação da Análise Paraconsistente LPA2v.....	36
Figura 7 - Reticulado finito de Hasse com anotações da LPA2v.....	36
Figura 8- Quadro unitário no plano cartesiano.	38
Figura 9 - Eixos do graus de Contradição e de Certeza.....	39
Figura 10 - Representação do reticulado com valores ajustáveis de controle limite .	42
Figura 11 - Representação do reticulado da LPA2v seccionado em 12 regiões.	43
Figura 12 – Representação de um sistema paraconsistente utilizando o reticulado LPA2v.....	45
Figura 13 - Símbolo do NAP - Nó de Análise Paraconsistente.....	47
Figura 14 - Símbolo do <i>ParaExtr_{ctr}</i> Algoritmo Paraconsistente Extrator de efeitos da Contradição.....	49
Figura 15 - Planilha de resolução - especialista 1	58
Figura 16 - Parâmetros do <i>Solver</i> para solução do problema.	59
Figura 17 - Otimização do Especialista 1 – <i>Solver</i>	60
Figura 18- Planilha de resolução – especialista 2.	61
Figura 19 - Otimização do especialista 2 – <i>Solver</i>	61
Figura 20 - Planilha de resolução – especialista 3.	62
Figura 21 - Otimização do Especialista 3 – <i>Solver</i>	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Modelos de tomadas de decisão.....	22
Quadro 2 - Modelos da Pesquisa Operacional.....	27
Quadro 3 - Estados lógicos extremos.	43
Quadro 4 - Estados Lógicos não-extremos.	43
Quadro 5 - Valores de controles.....	44
Quadro 6 - Probabilidades de sucesso (β) dos projetos.....	64
Quadro 7 - Vantagens e limitações da proposta de aplicação.	66

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Estado lógico e simbologia.....	37
Tabela 2 - Valores relacionais.....	44
Tabela 3 - Etapas de um sistema Para-Analisador.....	46
Tabela 4 - Custos iniciais.....	53
Tabela 5 - Fluxos de caixa estimados para os projetos.....	53
Tabela 6 - Cálculo do VPL - Especialista 1.....	57
Tabela 7 - Formulas da planilha de otimização.....	58
Tabela 8 - Cálculo do VPL - Especialista 2.....	60
Tabela 9 - Cálculo do VPL - Especialista 3.....	61
Tabela 10 - Resultados dos VPL's esperados.....	63
Tabela 11 - Aplicação do Algoritmo Extrator de Contradição.....	65

LISTAS DE ABREVIATURAS

μ_1	Grau de crença ou grau de evidência favorável.
μ_2	Grau de descrença ou grau de evidência desfavorável.
μ_{ER}	Grau de Evidência Resultante Real;
T	Inconsistente
\perp	Paracompleto ou indeterminado
$\perp \rightarrow f$	Indeterminado, tendendo ao Falso;
$\perp \rightarrow v$	Indeterminado, tendendo ao Verdadeiro;
$T \rightarrow f$	Inconsistente, tendendo ao Falso;
$Qv \rightarrow T$	Quase Verdadeiro, tendendo ao Inconsistente;
$Qf \rightarrow T$	Quase Falso, tendendo ao Inconsistente;
$Qf \rightarrow \perp$	Quase Falso, tendendo ao Indeterminado;
$Qv \rightarrow \perp$	Quase Verdadeiro, tendendo ao Indeterminado.
Git	Grau de Inconsistência;
Gid	Grau de Indeterminação;
Gv	Grau de Verdade;
Gf	Grau de Falsidade;
Gct	Grau de Contradição;
Gc	Grau de Certeza;
V _{sc}	Variável superior de controle de certeza (C1);
V _{ic}	Variável inferior de controle de certeza (C2);
V _{scct}	Variável superior de controle de contradição (C3);
V _{icct}	Variável inferior de controle de contradição (C4).

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Justificativa	17
1.2 Relevância do tema	18
1.3 Problematização	18
1.4 Problema de pesquisa	19
1.5 Hipótese	19
1.6 Objetivo Geral	19
1.7 Objetivos Específicos	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 Tomada de Decisão	20
2.1.1 Modelos de tomada de decisão	21
2.2 Pesquisa Operacional	22
2.2.1 Modelagem matemática	25
2.2.2 Ferramentas da Pesquisa Operacional	27
2.2.3 Programação não linear (PNL)	28
2.3 Técnicas de Análise de Investimento	29
2.3.1 Valor Líquido Presente (VPL)	30
2.3.2 Critérios de avaliação baseados do VPL	31
2.4 A Lógica não Clássica	31
2.4.1 Lógica Paraconsistente	33
2.4.2 Lógica Paraconsistente Anotada	34
2.4.3 Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de 2 valores - LPA2v	35
2.4.4 A lógica Paraconsistente no tratamento do conhecimento incerto	37
2.4.5 Representação no Quadrado Unitário do Plano Cartesiano (QUPC)	38
2.4.6 O Grau de Certeza (Gc)	39
2.4.7 Grau de Contradição (Gct)	40
2.4.8 O Algoritmo da lógica paraconsistente anotada	42
2.4.9 O algoritmo “Para-Analisador”	44
2.4.10 O algoritmo NAP - Nó de Análise Paraconsistente.	47
2.4.11 O Algoritmo Extrator de Efeitos da contradição - <i>ParaExtr_{ctr}</i>	49
3 MATERIAIS E MÉTODOS	51

3.1	Contextualização do Locus da Pesquisa.....	52
3.2	Configuração dos sujeitos e amostra da pesquisa.....	52
3.3	Coleta de Dados.....	52
3.4	Resultados Obtidos	53
3.5	Modelando o Problema	54
3.6	Definição das variáveis de decisão	55
3.7	Definição da função Objetivo.....	55
3.8	Definição das Restrições.....	55
4	SIMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	57
4.1	Otimização do especialista 1.....	57
4.2	Otimização do Especialista 2	60
4.3	Otimização do Especialista 3	61
4.4	Síntese dos Resultados da Simulação.....	62
5	RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO ALGORITMO EXTRATOR DE CONTRADIÇÃO NA TOMADA DE DECISÃO	64
5.1	Discussões Finais	67
6	CONCLUSÃO	68
6.1	Trabalhos Futuros	68
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70

1 INTRODUÇÃO

O mundo dos negócios vem sofrendo mudanças cada vez mais intensas, desde que os avanços tecnológicos começaram a dar sinais vitais na maioria dos países, principalmente naqueles em desenvolvimento, como é o caso do Brasil. Essa é uma concepção que já se aculturou no senso comum.

No Brasil, as mudanças no mundo dos negócios até a década de 1980 eram praticamente estáveis e previsíveis. Entretanto, após a chegada da tecnologia da informação e seus conjuntos de ferramentas, foram ditadas regras de mudanças necessárias para o mundo empresarial, caso este quisesse se tornar competitivo ou mesmo sobreviver aos impactos globais frente aos novos mercados. Esses tipos de mudanças que implicam no aumento, manutenção ou sobrevivência da competitividade, levaram as organizações a criarem soluções inovadoras.

Dessa forma, na atualidade, as empresas inseridas nesse novo contexto global, tiveram a necessidade de aprender a avaliar, por exemplo, a viabilidade financeira de um projeto para desenvolvimento de produtos e/ou serviços, bem como analisar as perspectivas de desempenho financeiro dos mesmos.

Essa análise inicia-se na própria definição do *portfólio* dos projetos de desenvolvimento de produtos e serviços. Sendo assim, na seleção de um dos produtos a ser desenvolvido é adotada como base para a tomada de decisão, a análise da viabilidade financeira de seu projeto. Essa análise deve ser feita com ênfase nos dados disponíveis, na fase que ocorre anteriormente ao desenvolvimento do produto ou serviço.

Todavia, o momento da tomada de decisão é desafiante e crítico para as organizações empresariais, pois, dúvidas, incertezas ou temor de falhas se apresentam como elementos limitadores desse processo.

Nesse contexto, autores e estudiosos como Assaf Neto e Lima (2009) defendem que uma empresa pode ser vista e comparada como um conjunto de projetos de investimentos em determinados momentos de execução, na expectativa de otimizar a contribuição de recursos de capital e assim, promover sua riqueza líquida.

Nesse direcionamento, Cooper *et al.*, (1999); Kester *et al.*, (2011) orientam que há diversos métodos que podem ser empregados na realização da gestão de

portfólio, porém, os métodos financeiros ainda são os mais frequentemente utilizados, podendo ser classificados em tradicionais e sofisticados.

Alguns exemplos de métodos tradicionais mais utilizados na avaliação de viabilidade financeira que na visão de Assaf Neto e Lima (2009) são os que calculam indicadores baseados em fluxos de caixa descontados ou Valor Líquido Presente (VPL), Taxa Interna de Retorno, Índice de Lucratividade, entre outros. Ainda para os autores, os métodos mais sofisticados são aqueles que empregam modelos matemáticos e objetivam otimizar problemas reais.

Esses métodos mais sofisticados procuram, por sua vez, modelar as incertezas inerentes ao início do desenvolvimento de produtos ou serviços, principalmente se as diferentes bases de dados forem divergentes, impedindo assim, uma tomada de decisão mais assertiva, na resolução de problemas. Dessa forma, falhas e resultados abaixo do esperado, não são admitidos em um processo de decisão.

Nesse contexto, percebe-se a necessidade da preparação de um gestor que conheça as ferramentas e técnicas utilizadas para a tomada de decisões, sendo também capaz de perceber as diversas situações do cotidiano empresarial.

Nessa vertente, envolver a utilização de computadores, estatística e matemática para solucionar problemas de negócios, bem como uma metodologia denominada de *Management Sciences* (MS), a qual é considerada uma subárea da Pesquisa Operacional (PO), justamente por tratar de modelos matemáticos que envolvem a área de negócios, conforme apresentado em Lachtermacher (2009), pode ser um caminho a ser seguido pelas organizações empresariais, nas tomadas de decisões.

Logo, Lachtermacher (2009), a pesquisa operacional é considerada uma técnica para a tomada de decisão, mediante a modelagem matemática de problemas, que busca soluções ótimas aplicadas à realidade empresarial. Sendo assim, o tomador de decisão, é o grande beneficiado com as informações extraídas pelos resultados da PO.

Todavia, a PO oportuniza modelos compostos por inúmeras variáveis, as quais são mais complexas de serem aplicadas sem o recurso computacional e assim, deve buscar suporte em *softwares* especializados em problemas de otimização. Um desses *softwares* no entender de Pizzolato e Gandolpho (2009) é o

Solver, o qual pode ser definido como um suplemento da ferramenta *Excel*, do fabricante *Microsoft*.

O *Solver* permite otimizar modelos matemáticos que envolvem inúmeras variáveis e restrições, favorecendo dessa forma, maior precisão para um gestor chegar na solução ótima.

Apesar de a ferramenta *Solver* não ser amplamente difundida e nem ser instalada automaticamente quando se adquire um pacote de ferramentas *Office*, ela se apresenta como uma opção eficiente em seus resultados de busca de resolução de problemas, as quais envolvam a otimização de qualquer natureza, sob o ponto de vista de Lachtermacher (2009).

Da Silva Filho (2010) destaca que, quando a tomada de decisão envolve inúmeras fontes de informações especializadas, muito provavelmente aparecerão dúvidas e incertezas. Nesse caso, uma outra ferramenta considerada adequada ao tratamento de dúvidas e incertezas pode ser construída através da aplicação da Lógica Paraconsistente Anotada de anotação com dois valores.

A partir dos conceitos sobre ferramentas que possam contribuir com a eliminação de falhas, dúvidas e incertezas, nas tomadas de decisões é que o presente estudo delinea sua proposta. Essa proposta tem por finalidade: a utilização de ferramentas de otimização e para tomada de decisão. Prevê também a aplicação dos métodos da Pesquisa Operacional (PO) para a resolução de problemas complexos, abordando a resolução de problemas envolvendo a programação não linear com o auxílio do suplemento do *Excel*, o *Solver*, otimizando, assim, os resultados de uma organização e, a LPA_{2v} para tratamento de possíveis incertezas.

Essa proposta surgiu em função do seguinte questionamento: como eliminar as incertezas nas tomadas de decisões quando essas envolvem diversas variáveis?

Portanto, como objetivo geral o presente estudo visa analisar a viabilidade da lógica paraconsistente anotada de anotação com dois valores (LPA_{2v}) sua associação com a Ferramenta *Solver*, funcionando como apoio às tomadas de decisões em situações de incertezas.

Os procedimentos metodológicos foram desenvolvidos e descritos a partir de uma simulação da aplicação da metodologia de modelagem de um problema em uma empresa que presta serviços para a área da construção civil, onde os gestores ou seja, os tomadores de decisões, se sentiram diante de um impasse inerente a viabilidade de projetos. Dessa maneira, a simulação pode ilustrar o potencial da

Pesquisa Operacional (PO) como ferramenta de apoio à tomada de decisão. Ainda assim, os resultados obtidos na simulação sinalizaram que se a ferramenta *Solver* pudesse ser apoiada pela Lógica Paraconsistente Anotada, as tomadas de decisões atingiriam maior assertividade, eliminando, portanto as dúvidas e incertezas.

1.1 Justificativa

Ao prestar serviços de consultoria a uma organização do segmento da construção civil, foi possível observar que após diagnóstico e ações recomendadas, o momento da tomada de decisão tornou esse processo desafiante e crítico, ocasionado pelas dúvidas e incertezas geradas aos tomadores de decisões, inviabilizando assim, decisões de forma mais ágeis e assertivas.

Esta situação problema de tomada de decisão, onde os diretores se sentiram em um cenário de incertezas quanto aos projetos e suas viabilidades econômicas e, em relação aos recursos alocados e os diversos custos iniciais, despertou a necessidade de identificar uma metodologia que solucionasse este impasse.

Assim, a situação problema e uma proposta de solução voltada para a identificação de novas metodologias foram remetidas ao mundo acadêmico do ensino superior, mais especificamente para alunos de um curso de Logística, em forma de um estudo de caso, na expectativa de buscar aporte para o cenário apresentado.

Entretanto, nesse momento, também foi possível observar que no contexto acadêmico, não diferente do empresarial, o alunado apresentou dificuldade em usar metodologias consideradas tradicionais, como é o caso da Pesquisa Operacional.

Assim, ao aprofundar os conhecimentos da Pesquisa Operacional e o universo de elementos que ela poderia oferecer para solucionar a situação problema estabelecida na empresa, foi então possível se deparar com a Ferramenta *Solver*, a qual se apresenta um suplemento do aplicativo Excel, cujo fabricante é a Microsoft.

Nesse contexto, onde a tônica das tomadas de decisões se volta para o conjunto de variáveis que a situação problema propõe no presente estudo, surgiu o questionamento sobre qual ferramenta poderia responder com maior assertividade possível ao problema identificado na empresa.

Assim, pesquisando na literatura, foi possível encontrar o trabalho de Ragsdale (2014) que propõe em um de seus exercícios, uma modelagem não linear, semelhante a pesquisa desenvolvida no presente estudo.

Ao executar esse exercício, percebeu-se que os resultados se apresentaram com soluções diversas, devido a pluralidade de cenários no problema estudado, aumentando dessa forma, as dúvidas e incertezas para a tomada de decisões com maior assertividade.

A partir desta contextualização, surgiu o estímulo em aprofundar os conhecimentos, com a finalidade de buscar uma ferramenta de tratamento de incertezas capaz de extrair inconsistências na solução de problemas.

Dessa forma, foi possível conhecer diversas ferramentas que se direcionam para o tratamento dessas incertezas, como por exemplo: os fundamentos da Lógica Paraconsistente Anotada e suas dimensões; o próprio *Solver*, já identificado, como suplemento do *Excel* e, também como suporte, os fundamentos da Pesquisa Operacional.

1.2 Relevância do tema

O tema ora proposto apresenta sua relevância acadêmica por difundir ferramentas computacionais pouco propagadas, como é o caso do *Solver* e fundamentar pesquisas capazes de melhorar desempenho através de técnicas que aplicam algoritmos eficientes nos tratamentos de incertezas. Esta ferramenta *Solver*, apesar de ser poderosa computacionalmente, ainda é pouco utilizada e difundida, principalmente nos cursos de Administração, cujos profissionais tem por formação, a tomada de decisões como uma das principais características. A pesquisa de novas formas de aplicação nas quais os algoritmos fundamentados em LPA2v possam ser interligados no *Solver* tem como finalidade torna-lo mais eficiente nessa área específica da Inteligência Artificial.

1.3 Problematização

Esta pesquisa relaciona-se a problematização na área de Pesquisa Operacional que trata das seguintes questões:

- Será que é possível ou viável a resolução de problemas que envolvam inúmeras variáveis, sem o recurso computacional?

- Será que mesmo chegando a uma decisão na resolução de problemas que envolvam inúmeras variáveis, as incertezas foram eliminadas? Ou mesmo amenizadas?

- Será que é possível eliminar as incertezas, quando presentes, de forma assertiva, sem a aplicação de ferramentas apropriadas?

1.4 Problema de pesquisa

A partir da problematização, surgiu o problema de pesquisa que trata da questão de como eliminar as incertezas nas tomadas de decisões quando estas envolvem diversas variáveis.

1.5 Hipótese

Com ferramentas computacionais e sua associação aos conceitos e aplicabilidade de modelagem matemática e otimização de processos, é possível chegar a decisões mais assertivas, com a finalidade de atingir a solução ótima, ou seja, eliminando as contradições mais determinantes, como as incertezas e dúvidas.

1.6 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade da Lógica Paraconsistente Anotada de anotação com dois valores e sua associação com a ferramenta *Solver* como apoio às tomadas de decisões em situações de incertezas.

1.7 Objetivos Específicos

Levantar as técnicas existentes de apoio a tomada de decisões dos gestores apoiadas em ferramentas e métodos de otimização com o uso da Pesquisa Operacional e Lógica Paraconsistente anotada.

Verificar se a Lógica Paraconsistente anotada pode ser uma técnica alternativa, capaz de agregar a um método de avaliação de projetos financeiros, melhorias na tomada de decisão.

Propor uma fusão de métodos associando a Lógica Paraconsistente Anotada às práticas da Pesquisa Operacional, com o apoio da Ferramenta *Solver* para tomada de decisão em situações de incertezas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para sustentar teoricamente o presente estudo, foram definidos os eixos temáticos que pudessem abordar assuntos referentes à tomada de decisão; pesquisa operacional e suas ferramentas computacionais, como é o caso do *Solver*; Viabilidade Econômica de Projetos e seus Índices de Análises Financeiras e, por fim, a Lógica Paraconsistente e suas dimensões.

2.1 Tomada de Decisão

Na última metade do século XX, o processo decisório organizacional tem sido objeto de investigação de diversos teóricos dessa temática e também, dos gestores que exerçam a atividade de tomar decisões. Assim, a relevância das reflexões a respeito dessa temática é inegável para a sociedade empresarial contemporânea, já que as organizações vêm requerendo, de maneira crescente, decisões cada vez mais consentâneas, em um menor período de tempo.

Nos ensinamentos de Chiavenato (1993), a Teoria das Decisões nasceu com Hebert Simon, ganhador do prêmio Nobel de Economia de 1978, que utilizou como base para explicar o comportamento humano nas organizações. Simon partiu do princípio de que cada pessoa participa racional e conscientemente, escolhendo e tomando decisões individuais a respeito de alternativas mais ou menos racionais de comportamento.

Nesse mesmo contexto, Caravantes, Panno e Kloeckner (2005, p. 446) enfatizam que “tomar decisões é o processo de escolher uma dentre um conjunto de alternativas.” Ainda para os autores a resolução do problema ocorre quando um gerente se defronta com uma situação com a qual não está familiarizado e para a qual não há critérios ou procedimentos pré determinados ou estabelecidos que caracterizem ou especifiquem como tratar e lidar com o problema. Logo, os autores orientam que o primeiro passo que o gerente deve dar é reconhecer a necessidade de uma decisão e definir parâmetros

Na atualidade, a utilização de modelos de tomada de decisão possibilita que os gestores compreendam a estrutura organizacional bem como as relações complexas inerentes aos processos desenvolvidos nesse âmbito. Assim sendo, a relevância no que concerne à investigação e construção de modelos, segue crescendo, proporcionando uma melhor aplicabilidade de métodos e técnicas no

processo de tomada de decisão organizacional de base informacional (CARVALHO, 2002).

Neste contexto, é possível a observação de que a organização desprovida de informação suficiente para subsidiar suas decisões estratégicas e sua gestão, encontrar-se-á em posição de desvantagem frente às demais do mesmo segmento, uma vez que não será possível analisar as alternativas de decisão em um pequeno espaço de tempo e também de reproduzir de maneira eficaz o resultado proveniente da então tomada de decisão.

Os modelos apresentados nos estudos de Beuren (2000) expõem as vantagens destes quando aplicados ao processo decisório. Logo, estas vantagens se dão com a simplificação da visualização geral das variáveis sem alterar a essência; a simplificação da visualização da amplitude das variáveis sem alteração da essência; o auxílio na identificação de possíveis relações entre os elementos; a permissão da compreensão de relações complexas e, a serventia como base para o estabelecimento e aprimoramento de parâmetros.

Ainda acerca do tema tomada de decisão, convém ressaltar que a utilização de modelos pode conduzir à limitação no processo de identificação das variáveis determinantes de uma situação, conforme explica Beuren (2000, p. 20) ao afirmar que: “[...] o modelo de decisão adotado pelo gestor irá depender do conjunto de variáveis envolvidas, do grau de controle sobre as variáveis, do nível de certeza associado à decisão, dos objetivos do decisor, entre outros”.

2.1.1 Modelos de tomada de decisão

Dentro do processo decisório, há a aplicação de distintos modelos de tomada de decisão, sendo cada um deles favorável a uma certa situação em particular. Entre eles, destacam-se como principais: o modelo racional, o modelo processual, o modelo anárquico e por fim, o modelo político conforme ilustra o Quadro 1. Para fins de referencial teórico, é possível utilizar-se dos conceitos de Choo (2003), justamente por fazer caracterizar-se como uma das principais obras em relação ao tema.

Quadro 1 - Modelos de tomadas de decisão

MODELOS	DESCRIÇÃO
Racional	No processo decisório, para se fazer uma escolha totalmente racional, o indivíduo teria que identificar todas as alternativas existentes, prever as consequências de cada alternativa e avaliá-las de acordo com os objetivos e preferências.
Processual	Este modelo concentra-se nas fases, nas atividades e na dinâmica dos comportamentos decisórios. Este modelo tem um grande número de elementos: três fases decisórias principais (Identificação, Desenvolvimento e Seleção), três rotinas de apoio às decisões (Rotinas de controle, Rotinas de comunicação e Rotinas políticas) e seis grupos de fatores dinâmicos (Interrupções, Adiantamento ou adiamento de prazos, <i>Feedback</i> , Ciclos de compreensão, Ciclos de fracasso).
Anárquico	O modelo anárquico de decisão pode ser comparado a uma lata de lixo, onde vários tipos de problemas e soluções são atirados pelos indivíduos, à medida que são gerados. A decisão ocorre quando problemas e soluções coincidem.
Político	O modelo político enfoca os efeitos dos objetivos conflitantes sobre as decisões. No entanto, a incerteza é mais baixa, pois cada participante do processo tem clareza quanto às alternativas preferidas e os objetivos que pretende atingir.

Fonte: Elaborado a partir de (CHOO, 2003, p. 265-283).

Os modelos ilustrados no Quadro 1, remetem à reflexão de que todos eles são passíveis de resultados eficientes e eficazes. Assim sendo, no presente estudo será empregado somente o modelo racional, por ser este, mediante suas características, o que mais se aproxima à realidade e aos interesses desta pesquisa.

Para Chiavenato (1993), a racionalidade na escolha dos meios é considerada como uma estratégia eficiente para o alcance de determinados fins ou objetivos no direcionamento de obter os melhores resultados possíveis.

2.2 Pesquisa Operacional

A tomada de decisão possui um aspecto matemático dicotômico, permitindo uma análise teoricamente precisa de problema e que a teoria matemática aplicada aos problemas administrativos é mais conhecida como Pesquisa Operacional. Os autores ainda reforçam que a teoria matemática enfatiza o processo decisório e procura tratá-lo de modo lógico e racional, por meio de uma abordagem quantitativa, conforme aludem Andrade e Amboni (2007) e Chiavenato (1993).

A capacidade de refletir, avaliar consequências e, decidir é uma característica intrínseca do ser humano, porém, a criação de métodos específicos para promover gerenciamento da decisão é uma metodologia recente que teve sua origem na segunda guerra mundial com equipes integradas formadas por especialistas em domínios de conhecimentos diversificados aos quais foram propostos problemas operacionais bélicos. Esses grupos eram formados por

cientistas, médicos, agrimensores, generais, engenheiros com formações diversas e matemáticos entre outros, ou seja, profissionais especialistas, com a finalidade de otimizar o envio de mantimentos e material bélico para o campo de batalha, muito embora, distantes do dia a dia da rotina militar (PIZZOLATO e GANDOLPHO, 2009).

Ainda para os autores, as ações desses especialistas não estavam atreladas diretamente ao ato de fazer a guerra e sim, em fazer pesquisas com fundamentos científicos, destinadas a orientar ações militares conforme explicitado anteriormente.

A atuação desses grupos de especialistas, mesmo desvinculada das questões operacionais, avaliavam os problemas a partir de uma visão conceitual e mais abstrata, ou seja, utilizavam modelos reais para a compreensão do problema para posteriormente, avaliar os testes de operação.

À essa metodologia, adotou-se o nome de Pesquisa Operacional (PO) a qual, mais tarde, foi incorporada no ambiente civil, nas diversas áreas do saber.

Após o sucesso da Pesquisa Operacional na área militar, a área industrial explorou de forma intensa as teorias da PO. O processo de tomada de decisão na área industrial é bem complexo, em razão das incertezas do futuro e das restrições de tempo e custos. A PO foi, então, aplicada na solução de problemas relacionados às áreas de transporte, médica e, de telecomunicações (TIWARI e SANDILYA, 2006).

Dentre inúmeros problemas que a PO é capaz de resolver, é possível inferir que a mesma pode ser utilizada como base de apoio à resolução de problemas no processo de decisão. Sendo assim, é possível ainda, seguindo os ensinamentos de Drucker (2001) citar outras áreas que a PO, como método pode favorecer:

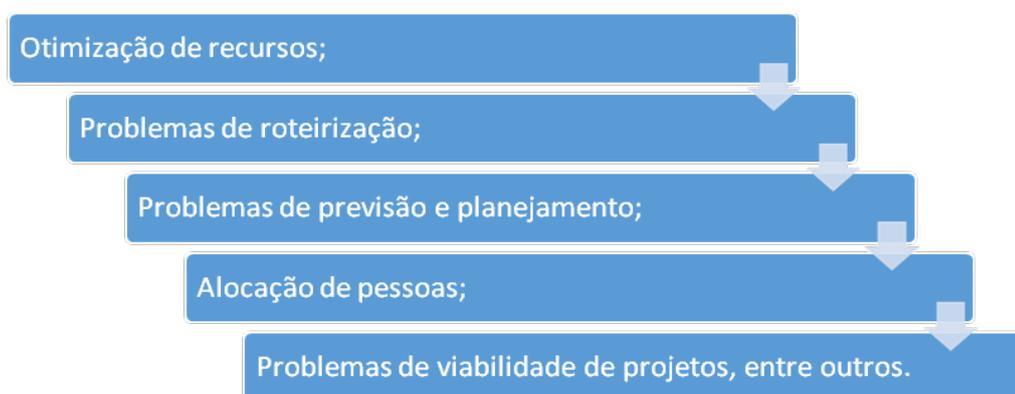


Figura 1 - Problemas no Processo de Decisão.

Fonte: Elaborado a partir de Drucker (2001).

Essas outras áreas em que a PO pode auxiliar na resolução de problemas, conforme elencadas na Figura 1, permitem a compreensão da abrangência deste eficiente método para as tomadas de decisão. Todavia, a resolução de problemas e por consequência, como obter respostas, é o foco das discussões no meio empresarial.

Nessa vertente, Drucker (2001) também enfatiza que a tomada de decisão é dividida em cinco fases diferentes, conforme ilustra a figura 2:

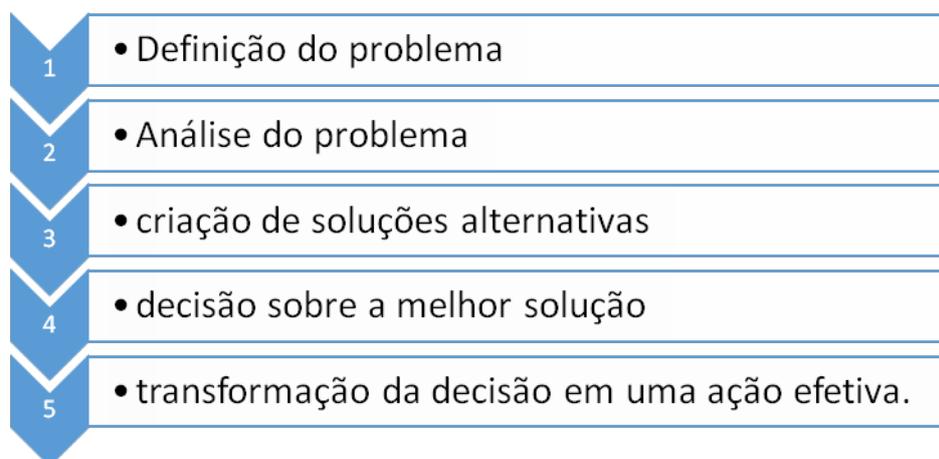


Figura 2 - Fases da tomada de decisão.
Fonte: Elaborado a partir de Drucker (2001).

A Figura 2 permite entender que há uma sequência lógica, logo, racional, para se estabelecer a solução ótima em uma tomada de decisão, conforme preconiza os princípios da PO.

Ainda para Drucker, para o estabelecimento da solução ótima em uma tomada de decisão é preciso que a Pesquisa Operacional se alicerce em outras seis fases, para que se possa dar maior consistência à resolução, conforme aborda a Figura 3, a saber.

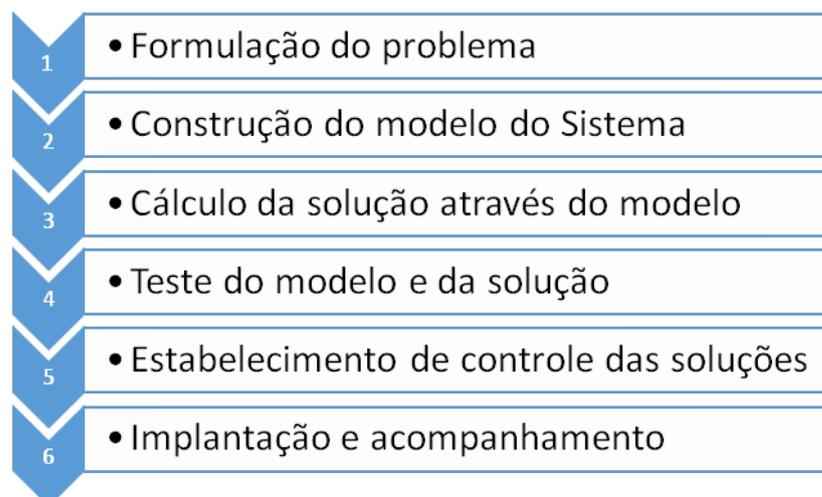


Figura 3 - Fases da Pesquisa Operacional.
Fonte: elaborado a partir de Drucker (2001).

2.2.1 Modelagem matemática

Quando um tomador de decisão se vê diante de uma situação na qual uma decisão deve ser tomada entre uma série de alternativas conflitantes e concorrentes, duas opções básicas, que no raciocínio de Lachtermacher (2009) se apresentam como: Usar apenas a intuição gerencial baseada em experiências anteriores ou; realizar um processo de modelagem da situação atual e realizar exaustivas simulações dos mais diversos cenários de maneira a estudar mais profundamente o problema.

Para o autor, durante muito tempo, a primeira alternativa, ou seja, usar apenas a intuição gerencial era entendido como a mais viável, pois, não havia recursos computacionais como hoje em dia para resolução de problemas de grande complexidade. Na atualidade, com o advento da internet, um número cada vez maior de variáveis envolvidas em situações organizacionais, tornou inviável para os tomadores de decisão, seja na área administrativa ou na área produtiva, construir um modelo matemático que represente a realidade e através do mesmo, enxergar uma solução viável.

Dessa forma, pautado pelo raciocínio de Lachtermacher (2009) é possível a compreensão de que as duas alternativas devam ser usadas conjuntamente, melhorando ainda mais o processo de tomada de decisão.

Esta recomendação permite a reflexão de que a experiência do tomador de decisão e os recursos computacionais disponíveis nos dias atuais tornam-se recursos indispensáveis para uma decisão assertiva.

Corroborando com as recomendações de Lachtermacher, Caravantes, Panno e Kloeckner (2005) orientam que os gerentes devem tomar muitos tipos diferentes de decisões sob muitas condições diferentes, porém, o gerente habilidoso deverá ser capaz de entender essas diferenças e reagir adequadamente.

Ainda segundo, Lachtermacher (2009) é recomendado o uso das duas alternativas conjuntamente, com o intuito de melhorar ainda mais o processo de tomada de decisão. A experiência e conhecimento do tomador de decisão deve ajudá-lo na seleção das informações relevantes de um problema nos diversos cenários, na validação do modelo e na análise dos resultados. A Figura 4 demonstra o processo para tomada de decisões.

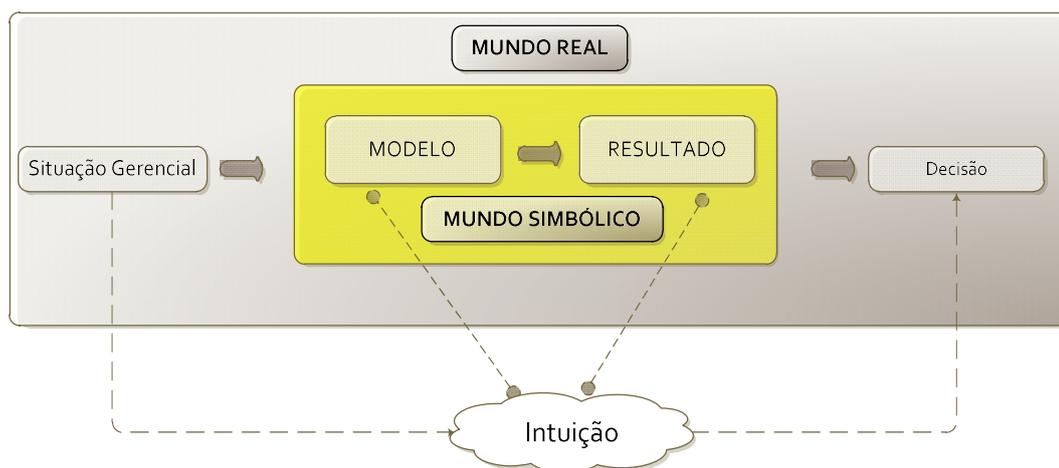


Figura 4 - Processo de tomada de decisão.
Fonte: Adaptado de (Lachtermacher, 2009, p.3)

A adaptação do modelo do processo de tomada de decisão, proposta por Lachtermacher (2009), conforme apresentada pela Figura 4, enfoca o uso da intuição gerencial, antes dos avanços tecnológicos computacionais.

Esse posicionamento de Lachtermacher é compactuado por Pizzolato e Gandolpho (2009) ao afirmarem que:

Em estudos de Pesquisa Operacional, o uso de modelos faz parte de sua essência. Trata-se de um recurso adotado para problemas complexos que desafiam a criatividade humana. Parte-se do princípio de que, se o problema é simples, não são necessários muitos estudos para a solução, basta usar a experiência, a intuição e o saber comum. A medida que a complexidade do problema passa se torna crescente, sua solução pode

ultrapassar o ambiente local, mas podem existir especialistas capazes de resolvê-los; logo, o mais apropriado seria a convocação destes. (PIZZOLATO e GANDOLPHO, 2009 p.3).

Dessa forma, é possível a reflexão de que problemas de alta complexidade e com um potencial elevado de retorno financeiro, justificam a contratação de equipes especializadas conjuntamente com o desenvolvimento de um projeto de Pesquisa Operacional, construindo um modelo simplificado que descreva a realidade, contudo, preservando as relações essenciais de causa e efeito sobre o problema, criando assim, um modelo matemático que descrevam o problema em estudo.

2.2.2 Ferramentas da Pesquisa Operacional

Belfiore e Fávero (2013) enfatizam que a Pesquisa Operacional está alicerçada em algumas ferramentas específicas e são classificadas de acordo com as definições apresentadas no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2 - Modelos da Pesquisa Operacional

Modelos	Finalidade	Ferramentas
Modelos determinísticos	As variáveis envolvidas no problema são conhecidas e constantes. Portanto, é resultante de uma única e exata solução, denominada solução ótima. Esses Tipos de modelo são geralmente resolvidos através de modelos analíticos, ou seja, sistemas de equações, gerando assim a solução ótima.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Programação linear; 2. Programação em Redes; 3. Programação Binária e inteira; 4. Programação por metas; 5. Programação não linear; 6. Programação Dinâmica Determinística.
Modelos Estotásticos	São modelos baseados em pelo menos uma ou mais variáveis aleatórias em que pelo menos uma de suas características operacionais é definida por funções baseadas em probabilidade gerando assim mais de uma solução e com isso torna-se necessário a avaliação de mais de um cenário para se encontrar a solução ótima. Nesses modelos utiliza-se com ferramentas de apoio	<ol style="list-style-type: none"> 1. Teoria das Filas; 2. Modelos de Simulação; 3. Programação Dinâmica Estocástica; 4. Teoria dos Jogos.
Outras Técnicas	Com o avanço tecnológico e computacional, novas técnicas vêm se mostrando apropriadas para tomada de decisão e adicionas à Pesquisa Operacional.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Método AHP; 2. Análise Envoltória de dados; 3. Inteligência Artificial; 4. Inteligência Computacional; 5. Heurísticas e Metas-Heurísticas, entre outras.

Fonte: Elaborado a partir de Belfiore e Fávero (2013, p.8).

Os modelos de pesquisa operacional apresentados no Quadro 2, remetem a um posicionamento de Hebert A. Simon, ainda em 1965, ao sinalizar que nas décadas seguintes deveria ocorrer uma complexa revolução nas técnicas de tomada de decisão, pois a análise matemática, a pesquisa operacional, o processamento eletrônico de dados, a análise de sistemas e a simulação pelo computador seriam técnicas utilizadas em operações programadas, as quais anteriormente eram executadas pelo pessoal do escritório. Todavia, o computador com suas técnicas já assumiu o trabalho do auxiliar de escritório e também a média administração. Logo assumirá o da alta administração, produzindo decisões programadas (CHIAVENATO, 1993).

2.2.3 Programação não linear (PNL)

Os modelos de otimização geralmente são baseados em programação matemática tradicional, os quais tentam representar as operações importantes construindo modelos matemáticos exatos. Contudo, não conseguem representar toda a realidade presente.

Segundo Lachtermacher, (2009) quando se trabalha com um grupo restrito de aspectos, um modelo só será adequado e útil quando representar de maneira fiel o comportamento das variáveis selecionadas. Tal comportamento, porém, nem sempre se mostra de forma tão simples de ser manipulado como nos problemas de programação linear. Na realidade problemas reais apresentam algum tipo de não linearidade.

O que caracteriza o um problema que envolve uma programação não linear, é o fato de pelos menos a Função Objetivo (*FO*) ou uma das restrições do problema seja representada por uma função não linear.

Um modelo de programação matemática pode ser definido por uma função objetivo e um conjunto de restrições conforme modelo abaixo:

Função Objetivo:

$$Z \text{ max/min} = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Sujeito à: (Restrições)

$$\begin{array}{l}
 g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad \{\leq, =, \geq\} \quad b_1 \\
 g_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad \{\leq, =, \geq\} \quad b_2 \\
 \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\
 \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\
 \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\
 g_m(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad \{\leq, =, \geq\} \quad b_m
 \end{array}$$

Como pode ser observada, a Função objetivo está relacionada diretamente com o conjunto das restrições, ou seja, os valores das variáveis são determinados pelas restrições através dos métodos matemáticos apresentados anteriormente.

2.3 Técnicas de Análise de Investimento

Uma das fases na tomada de decisão em investimentos se baseia na utilização de técnicas e métodos de avaliação de viabilidade econômica visando aprimorar a atratividade e os resultados das aplicações de capital.

Thiry-Cherques (2004) esclarece que para que uma proposta de investimento seja aceita, a mesma deve oferecer a organização o mínimo de retorno definido por ela. O fato de aceitar ou rejeitar uma proposta de investimento consiste em identificar aquelas que atendam as metas propostas, ou seja, as que atendam os critérios mínimos de retorno financeiro.

O estudo de avaliação de investimentos se refere basicamente às decisões de aplicações de capital em projetos que prometem retornos por vários períodos consecutivos (ASSAF NETO e LIMA, 2009).

Ainda de acordo com os autores, em determinado instante, uma organização, pode ser vista como um aglomerado de projetos de investimento em diferentes períodos de execução. Quando se avalia alternativas de investimento, tem-se como objetivo principal, maximizar a contribuição marginal dos recursos de capital, gerando assim o acréscimo de sua riqueza.

O assunto que diz respeito à análise de investimento de capital é bastante amplo, envolvendo muitos critérios e métodos de análise. O presente estudo não tem como objetivo abordar todas as suas partes e sim, descrever, diante de uma

visão mais crítica, os principais aspectos dos métodos quantitativos mais utilizados pelas empresas para análise de investimentos e utilizar o mais apropriado.

Ainda para Thiry-Cherques (2004), o estudo dos métodos de análise econômica de investimentos pode ser dividido em dois segmentos: O primeiro aborda os principais modelos de análise de viabilidade econômica, levando em consideração todas as alternativas de investimento e tem como objetivo dar subsídios para o tomador de decisão. Já o segundo está focado aos estudos das principais limitações dos métodos de avaliação econômica, bem como verificar as situações de conflitos presentes em um conjunto de projetos mutuamente excludentes.

Os métodos para análise de investimentos podem ser divididos em dois grupos: os que consideram a variação do dinheiro no tempo como por exemplo: o período de *Payback*, índice de lucratividade (IL), Taxa de rentabilidade (TR) entre outros e os que consideram essa variação através de critérios do fluxo de caixa descontado, que baseado no rigor conceitual e na importância para as decisões a longo prazo, se dá prioridade a Taxa interna de retorno (TIR) e Valor presente Líquido (VPL), métodos estes que compõem o segundo grupo.

Para o presente estudo foi utilizado como base para análise de viabilidade de investimentos em múltiplos projetos o método do Valor Líquido Presente (VPL) que será elucidado a seguir.

2.3.1 Valor líquido presente (VPL)

A medida do valor líquido presente (VPL) é obtida pela diferença entre o valor presente dos benefícios líquidos de caixa, previstos para cada período do horizonte de duração do projeto e o valor presente do Investimento (desembolso de caixa) (ASSAF NETO e LIMA, 2009).

O método do Valor Líquido Presente (VPL) costuma ser expresso a partir da expressão:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} - \left[I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{I_t}{(1+k)^t} \right] \quad \text{Equação 1}$$

Sendo:

FC_t = fluxo (benefício) de caixa de cada período

k = taxa de desconto do projeto, representada pela rentabilidade mínima requerida

I_0 = investimento processado no momento zero (data focal)

I_t = valor do investimento previsto em cada período subsequente

2.3.2 Critérios de avaliação baseados do VPL

O Valor Líquido Presente, reflete quanto o projeto agregou de valor econômico, ou seja, quanto valorizou em relação ao capital inicial investido. O VPL é a riqueza do projeto.

Para análise de viabilidade de um projeto, deve-se levar em consideração os seguintes critérios:

VPL > \$0,00 – O projeto gera riqueza aos acionistas

VPL = \$0,00 – O projeto não cria valor econômico, remunerando somente o custo de oportunidade. Não aumenta a riqueza dos acionistas.

VPL < \$0,00 – O projeto destrói o valor econômico, ou seja, diminui a riqueza dos acionistas.

2.4 A Lógica não clássica

Esse eixo temático tem como aporte teórico os ensinamentos de Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres, pelo fato de que outros autores, pesquisadores e estudiosos do assunto se utilizam dessas mesmas fontes bibliográficas.

A lógica não clássica vem se opor as premissas elementares binárias da lógica clássica que preconiza que uma proposição não pode ser verdadeira e falsa simultaneamente. Este fator este é preponderante em diversas situações reais quando se espera precisão em uma tomada decisão.

As Lógicas Não-Clássicas violam as suposições binárias fundamentais da Lógica Clássica ou Aristotélica, não admitindo assim, ambiguidades e contradições.

O conceito de dualidade, estabelecendo que algo pode e deve coexistir com o seu oposto, faz as aplicações das Lógicas Não-Clássicas parecer natural e até mesmo inevitável. Em muitas das experiências humanas não se pode afirmar

categoricamente como sendo verdadeiras ou falsas, sim ou não como exige as leis da Lógica Clássica. Com uma verificação mais precisa das coisas que nos rodeia chega-se à conclusão que, entre a certeza de ser e a certeza de não ser, existem infinitos graus de incerteza (DA SILVA FILHO, 2010).

Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres (2008), abordam que nem todas as situações se enquadram na classificação verdadeira ou falsa, justamente porque isso acaba prejudicando a descrição precisa de algo. Contudo, estabelecer limites entre falso e verdadeiro frequentemente gera contradição, incerteza e indefinição, fazendo com que a Lógica Clássica binária seja insuficiente para que os recursos tecnológicos disponíveis consigam automatizar as atividades relacionadas a problemas que englobam contextos que não foram considerados na sua fundamentação.

Por isso, esses autores afirmam que as pesquisas atuais em Inteligência Artificial (IA) objetivam incorporar nos sistemas de análise características da inteligência humana por meio de processamento de algoritmo. O que ocorre é que no processo de tomada de decisão humana, diversas informações são levadas em considerações e estas levam a problemas complexos, já que não admitem respostas binárias (sim ou não / verdadeiro ou falso). Assim sendo, nos sistemas digitais de controle cujo processamento é unicamente feito pela Lógica Clássica, existem barreiras a serem ultrapassadas criadas pelas rígidas leis binárias.

Pode-se dizer que as lógicas não clássicas se dividem em dois grandes grupos, as que completam o escopo da clássica como, por exemplo, epistêmicas, a lógica modal, lógicas intencionais, lógicas condicionais etc., e as que concorrem com a lógica clássica também denominada lógicas heterodoxas, neste grupo encontra-se as lógicas intucionistas, lógicas não monofônicas, lógica default, lógica multivaloradas, lógica *fuzzy*, lógica paraconsistente, entre outras (CARVALHO e ABE, 2011).

Também é possível definir, de forma geral, a lógica Não-Clássica como sendo uma lógica que, de alguma maneira, é fundamentada por princípios que contrariam ou ignoram alguns princípios da Lógica Clássica. Com o aparecimento das novas necessidades de automação de máquinas e processos (como por exemplo, a tomada de decisão por parte das máquinas em que respostas dualísticas não mais satisfazem as necessidades para tomadas de decisões), os sistemas computacionais foram readequados para serem configurados com algoritmos com

base em lógicas Não-Clássicas. Dentre estas, a que mais obteve sucesso foi a lógica *Fuzzy*, que se baseia na teoria de conjuntos.

Para o propósito deste trabalho, o especial interesse está na lógica Não-Clássica denominada Lógica Paraconsistente. Esta, por sua vez, é caracterizada pela sua mais importante propriedade: levar em conta à contradição, sem trivializar seus fundamentos.

2.4.1 Lógica Paraconsistente

Os primeiros estudos da Lógica Paraconsistente foram realizados pelo lógico russo N. A. Vasiliev e pelo lógico polonês J. Lukasiewicz em meados de 1910. Independentemente, os dois publicaram inúmeros trabalhos sempre procurando a possibilidade de encontrar uma lógica que conseguisse trabalhar com as contradições de certa proposição (CARVALHO e ABE, 2011).

Em 1948, um lógico polonês, S. Jaśkowski, discípulo de Łukasiewicz, formalizou em seus trabalhos, uma lógica que poderia ser aplicada em sistemas envolvendo as contradições.

Por esta época, o lógico polonês Jaśkowski e o lógico brasileiro Newton C. A. da Costa, de modo independente, formalizavam a lógica que considerava a possibilidade da contradição, que depois, em 1975 foi denominada de Lógica Paraconsistente.

Nesse contexto, Da Silva Filho, Abe e Torres (2008, p. 6) ponderam que:

O sistema de Jaśkowski, nomeado por ele de lógica discursiva, desenvolveu-se posteriormente (a partir de 1968) em virtude das obras de autores como J. Kotas, L. Furmanowski, L. Dubikajtis, N.C.A. da Costa e C. Pinter. Assim, chegou-se a edificar uma verdadeira lógica discursiva, englobando um cálculo de predicados de primeira ordem e uma lógica de ordem superior (DA SILVA FILHO, ABE e TORRES, 2008, p. 6).

Para Abe (1992), a Lógica clássica é a ausência de contradição entre seus teoremas. Caso haja contradição, verifica-se a presença de inconsistência e então, a lógica passa a ser denominada Inconsistente. Além disso, uma teoria é denominada trivial se todas as sentenças ou fórmulas de sua linguagem forem teoremas, caso contrário, ela é classificada como não trivial. Presume-se, portanto, que uma lógica é denominada Paraconsistente se tratar de inconsistências de forma não trivial.

Seguindo esta linha de pensamento, uma lógica é denominada paracompleta se funcionar como uma lógica subjacente de teorias, na qual existam fórmulas que sejam falsas e, cujas negações sejam igualmente falsas. Pode-se exemplificar esta afirmação considerando duas proposições: uma proveniente de crença de quanto à presença de um objeto, indicando que este não existe (apresentando uma falsidade) e outra proposição de descrença (também indicando falsidade) que, neste caso, confirma a presença de certo objeto.

Neste exemplo, é possível a reflexão de que a lógica seria classificada como paracompleta pelas duas falsidades em questão. Assim, é possível, deduzir então, que uma teoria é chamada paracompleta quando sua lógica subjacente é uma lógica paracompleta.

A seguir, é apresentado um resumo da Lógica Paraconsistente e a sua extensão chamada de Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores - LPA2v.

2.4.2 Lógica Paraconsistente Anotada

A Lógica Paraconsistente Anotada (LPA), pertence à família das lógicas ditas não clássicas, aplicadas por Subrahmanian em programação lógica. Um estudo dos fundamentos da lógica implícita das linguagens de programação pesquisada tornou-se conveniente devido às aplicações obtidas (CARVALHO e ABE, 2011).

Ainda segundo Carvalho e Abe (2011), com esses estudos, verificou-se que se tratava de uma lógica Paraconsistente que continha características da lógica paracompleta e não alética em alguns casos. Da Costa, Vago, Subrahmanian, Abe e Akama₁ foram os precursores nos estudos dos fundamentos da Lógica Paraconsistente Anotada (DA SILVA FILHO, ABE e LAMBERT-TORRES, 2008).

A Lógica Paraconsistente Anotada LPA pode ser representada de modo particular, através de um reticulado de quatro vértices em que, intuitivamente, as constantes de anotação representadas nos seus Vértices vão dar conotações de estados lógicos extremos às proposições. A anotação pode ser composta por 1, 2 ou n valores, dependendo da classe de Lógica Paraconsistente utilizada (DA SILVA FILHO, 2010).

A forma com que a LPA define seus parâmetros através de um reticulado de quatro vértices é representa na Figura 5.

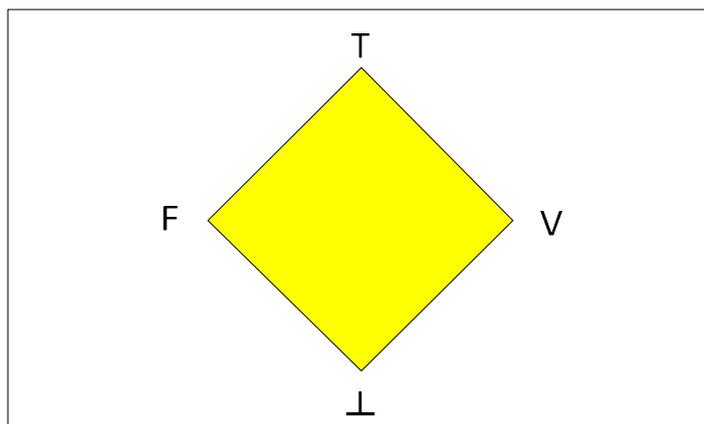


Figura 5 - Reticulado finito de HASSE.
 Fonte: Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres

A representação na Figura 5 de um reticulado de quatro vértices permite observar que além das premissas verdadeira (V) ou falsa (F), há também a Inconsistência Total (T) e a Indeterminação (\perp)

2.4.3 Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de 2 valores - LPA2v

Tratamentos matemáticos são essenciais para que a lógica Paraconsistente seja aplicada em sistemas práticos.

A Lógica Paraconsistente Anotada dois Valores (LPA2v) utiliza uma anotação composta por um par ordenado de valores de informação, ou seja, cada proposição (p) utiliza dois valores denominados grau de evidência favorável, representado por (μ) e grau de evidência desfavorável, representado pela letra (λ), proveniente de duas fontes diferentes. Os valores de μ e λ estão contidos no intervalo entre 0 e 1 (inclusive). Na representação da LPA2v uma determinada proposição P pode ser configurada da seguinte forma: $P_{(\mu, \lambda)}$.

Os graus de evidência tanto favorável quanto desfavorável, são geralmente valores oriundos de fontes externas e podem ser consideradas entradas de um sistema real qualquer, conforme ilustra a figura 6.

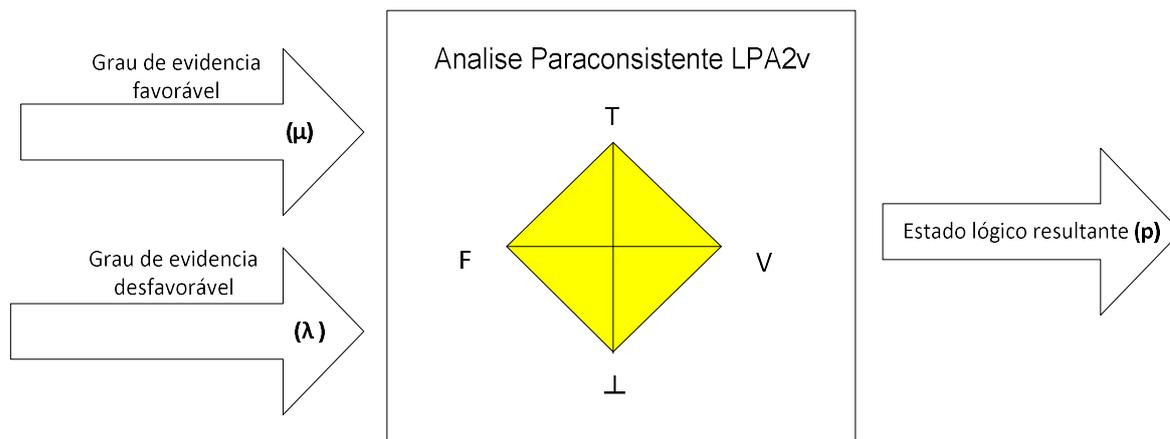


Figura 6 - Representação da Análise Paraconsistente LPA2v.
 Fonte: Adaptada de Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres 2008, p 32

A Figura 6 permite o entendimento de que a análise paraconsistente possui em seu estágio de entrada os graus de evidencia favorável e desfavorável, tendo como resultado o Estado Lógico Resultante (P).

Já na Figura 7, se apresenta a LPA2v associada a um reticulado.

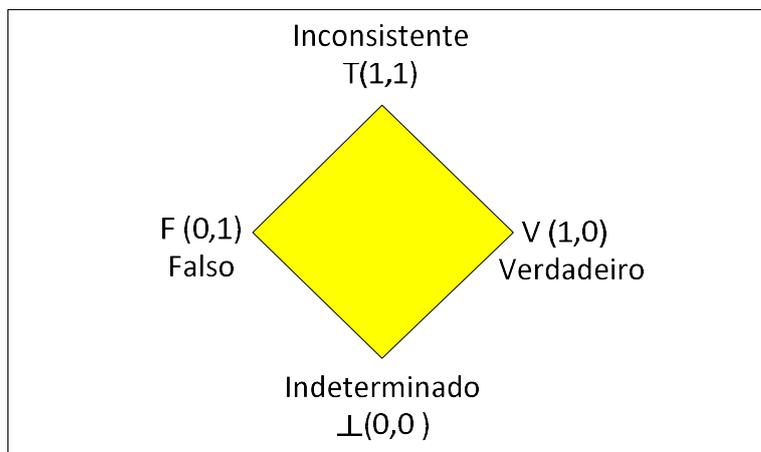


Figura 7 - Reticulado finito de Hasse com anotações da LPA2v.
 Fonte: Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres, 2008. P.13

Assim, a Figura 7 permite o entendimento de que a LPA2v pode ser associada a um reticulado, onde cada vértice é representado como um estado lógico extremo a fim de possibilitar o tratamento das incertezas pela lógica Paraconsistente (DA SILVA FILHO, ABE e LAMBERT-TORRES, 2008)

Alinhada à Figura 7, onde estão ilustrados os valores lógicos, a Tabela 1 apresenta os elementos do Estado lógico, definidos em dois valores e sua simbologia.

Tabela 1 - Estado lógico e simbologia.

Estado Lógico	$P(\mu, \lambda)$	Simbologia
Inconsistente	(1,1)	T
Verdadeira	(1,0)	V
Falsa	(0,1)	F
Indeterminada	(0,0)	\perp

Fonte: Adaptada Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres, 2008.p.13

A Tabela 1 permite observar que a proposição (P) vem acompanhada de dois valores, o grau de evidência favorável μ e o grau de evidência desfavorável (λ).

2.4.4 A lógica Paraconsistente no tratamento do conhecimento incerto

Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres, (2008), enfatizam que todo sistema especialista que seja capaz de tomar decisões, tem como característica, possuir a capacidade de extrair informações do mundo real. Tais informações nem sempre são de fácil interpretação, pois, podem vir acompanhada de ruídos, ou seja, um certo grau de incerteza.

Ainda segundo os autores, esses tipos de sistemas, quando analisam informações oriundas de condições não ideais, tratam com Conhecimentos Incertos. Pode-se definir Conhecimento incerto “como aquele que é discutível e ao qual está associada alguma medida de incerteza que descreve crenças para as quais existem certas evidências de apoio”.

Quanto à realização do tratamento do referenciado conhecimento, é importante ressaltar que as características de uma lógica Evidencial são adequadas, principalmente devido ao fato desta levar em consideração que, em uma análise, as argumentações se limitam a assegurar que as premissas constituem evidências somente parciais para as suas conclusões. Para a análise, considera-se o grau de credibilidade ou crença conferido pelas premissas à conclusão.

Quanto à determinação destas premissas, é relevante destacar que é função de pesquisas científicas fazê-lo, enquanto que a validade ou a não-validade da argumentação fica a cargo do estudo lógico.

Os autores abordam também, que o principal objetivo do método de aplicação da Lógica Paraconsistente é implementar Sistemas Lógicos de Decisão através de programas de computação que tornem possíveis a manipulação e racionalização com sinais representativos e informações de Conhecimento Incerto que podem ser inconsistentes (DA SILVA FILHO, ABE e LAMBERT-TORRES, 2008).

Essa metodologia permite aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada e explora inicialmente o fato desta lógica apresentar as características de uma Lógica Evidencial. Assim sendo, as anotações são consideradas Graus de Evidência e as análises são realizadas levando em conta os valores de informações oriundas de fontes reais e incertas.

2.4.5 Representação no Quadrado Unitário do Plano Cartesiano (QUPC)

A análise paraconsistente dos graus de evidência pode ser feita através da representação do reticulado em um Quadrado Unitário no Plano Cartesiano – QUPC, onde os graus de evidências favoráveis são representados no eixo μ e os de evidências desfavoráveis no eixo λ , conforme demonstrado na Figura 8.

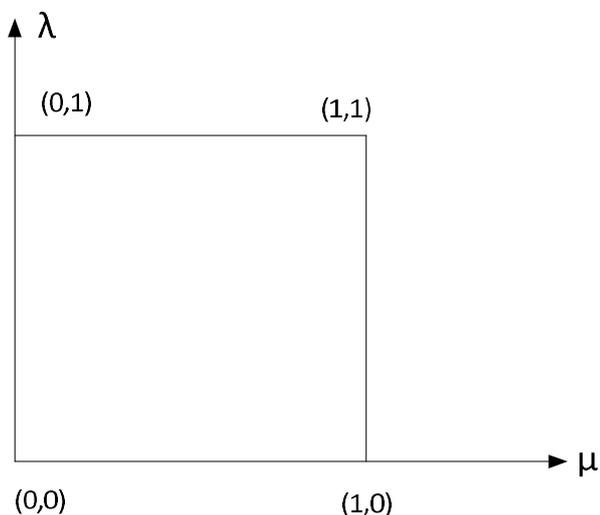


Figura 8- Quadro unitário no plano cartesiano.
Fonte: Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres, 2008.p.22

Conforme visto em (Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres, 2008), a partir do Quadrado unitário no plano cartesiano (QUPC), através de algumas transformações matemáticas, foi possível obter os valores dos graus de contradição (Gct) e dos

graus de certeza (G_c) referentes aos cálculos que envolvem os dois graus de evidencia (μ , λ).

2.4.6 O Grau de Certeza (G_c)

A partir de um determinado valor do grau de evidencia favorável (μ) e um grau de evidencia desfavorável (λ), determina-se o Grau de certeza e o Grau de contradição de uma proposição.

Os valores dos Graus de Certeza G_c Pertencem ao conjunto \mathcal{R} , variam no intervalo fechado $+1$ e -1 e estão no eixo horizontal do reticulado, ao qual denominamos eixo dos graus de certeza. Quando G_c resultar em $+1$, significa que o estado lógico resultante é Verdadeiro, e quando, G_c resultar em -1 , significa que o estado lógico resultante é Falso (DA SILVA FILHO, ABE e LAMBERT-TORRES, 2008, p. 24).

O grau de certeza (G_c) é calculado através da equação 2:

$$G_c = \mu_1 - \lambda_2$$

Equação 2

Onde:

$0 \leq \mu_1 \leq 1$ (Grau de evidencia favorável)

$0 \leq \lambda_1 \leq 1$ (Grau de evidencia desfavorável)

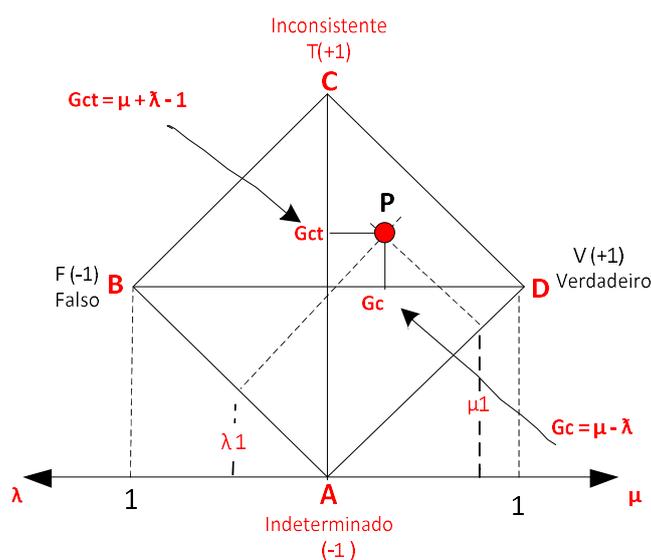


Figura 9 - Eixos do Grau de Contradição e de Certeza.
Fonte: Adaptado Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres, 2008.p.29

2.4.7 Grau de Contradição (Gct)

Os valores do Grau de Contradição G_{ct} pertencem ao conjunto \mathfrak{R} , variam no intervalo $[-1,1]$ e estão no eixo vertical do reticulado, (veja a figura 9) o qual denominamos de “Eixo de valores dos graus de Contradição”. Quando G_{ct} resultar em $+1$ significa que o estado lógico resultante da análise paraconsistente é inconsistente, e quando G_{ct} resultar em -1 significa que o estado lógico resultante da análise é indeterminado (DA SILVA FILHO, ABE e LAMBERT-TORRES, 2008, p. 24).

O valor do grau de contradição pode ser visualizado também no quadrado unitário do plano cartesiano na figura 5.

O grau de Contradição (G_{ct}) é calculado através da equação:

$$G_{ct} = (\mu_1 + \lambda_2) - 1 \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

$0 \leq \mu_1 \leq 1$ (Grau de evidencia favorável)

$0 \leq \lambda_1 \leq 1$ (Grau de evidencia desfavorável)

Pode-se agora determinar para qualquer anotação, com valores de graus de Evidencia Favorável (μ) e de evidencia desfavorável (λ), quais são os valores do grau de certeza G_C e de contradição G_{ct} , relacionado a uma determinada proposição. Através da interpolação destes dois valores G_C e de G_{ct} , pode-se assim obter a localização no reticulado da LPA, do ponto resultante que se forma com as coordenadas dos respectivos graus calculados. Esse tipo de procedimento está explícito ainda na figura 9.

Quando um ponto p resultante de um determinado grau de Evidencia Favorável (μ) e de evidencia desfavorável (λ) é plotado no Quadro Unitário no Plano Cartesiano (QUPC), o Grau de contradição ou o Grau de certeza pode ser de difícil interpretação para que se possa identificar seu estado lógico para uma possível tomada de decisão.

Em determinadas situações de análises com a LPA2v, para que se torne mais precisa a determinação de um estado lógico, devem-se adotar valores limites de contradição e certeza. Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres, (2008) enfatiza que,

neste caso pode-se tomar inicialmente, dois valores-limite externo no eixo horizontal (eixo de certeza) denominados:

V_{sc} = Valor superior de controle de certeza

V_{ic} = Valor inferior de controle de certeza

Em uma análise, esses valores determinarão o quanto um grau de Certeza resultante é alto o suficiente para que a proposição estudada seja considerada totalmente verdadeira ou falsa.

Algumas verificações devem ser analisadas quando uma tomada de decisão em um sistema de Análise Paraconsistente está relacionada ao eixo de certeza, são elas:

(V_{sc}) - Indica a medida positiva mínima do estado lógico resultante verdadeiro;

(V_{ic}) - Indica a medida negativa mínima do estado lógico resultante Falso;

Valores entre V_{sc} e V_{ic} são considerados indefinidos.

Analogamente, tomam-se dois valores-limite externos no eixo vertical ou eixo das contradições que será denominado:

V_{scct} = Valor superior de controle de contradição

V_{icct} = Valor inferior de controle de contradição

Esses valores determinarão o quanto um grau de contradição é alto, a ponto de considerar uma proposição totalmente Indeterminada ou totalmente Inconsistente. Para uma tomada de decisão algumas verificações devem ser feitas:

(V_{scct}) - Indica a medida positiva mínima do estado lógico resultante inconsistente;

(V_{icct}) - Indica a medida negativa mínima do estado lógico resultante Indeterminado;

Valores entre V_{scct} e V_{icct} são considerados indefinidos.

Na figura 10, estão demonstradas as regiões limites com valores ajustáveis.

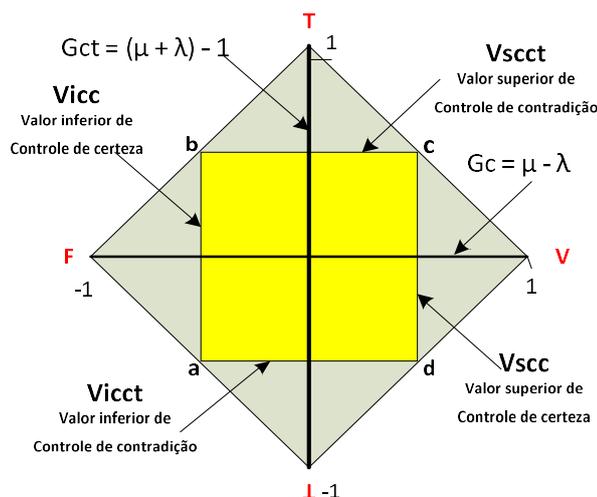


Figura 10 - Representação do reticulado com valores ajustáveis de controle limite
 Fonte: Adaptado Da Silva Filho, Abe e Torres, 2008.p.29

A área (abcd) em destaque na figura 10 “é uma região que se pode denominar de ‘o limbo’ das tomadas de decisão. É uma região vazia. Ela não dá uma definição precisa da situação analisada, não permitindo assim tomadas de decisão, mesmo as de menor responsabilidade” (CARVALHO, 2002, p. 39).

2.4.8 O Algoritmo da lógica paraconsistente anotada

Um algoritmo pode ser definido como sendo um processo, executado por meio de uma série de etapas sucessivas, com a finalidade de atingir um determinado objetivo.

A possibilidade de se equacionar os valores que compõem o reticulado da LPA2v, por consequência, pode-se delimitar regiões internas e construir um algoritmo capaz de auxiliar na computação das evidências para a tomada de decisão. Um algoritmo da LPA2v que é denominado Algoritmo Para-Analisador, Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres (2008) delimita diversas regiões no reticulado da LPA2v e consegue diferenciar quatro estados lógicos extremos (Verdadeiro, Falso, Inconsistente e Indeterminado), um estado lógico interno denominado Indefinido e outros estados intermediários, perfazendo um total de 12 regiões, cuja quantidade varia conforme a precisão que se deseja na análise.

Conforme é visto na Figura 11, a partir das regiões delimitadas do reticulado pode-se relacionar estados lógicos resultantes obtidos através das interpolações dos

graus de certeza e de contradição, que por sua vez são dependentes dos valores dos Graus de Evidência obtidos de medições no meio físico.

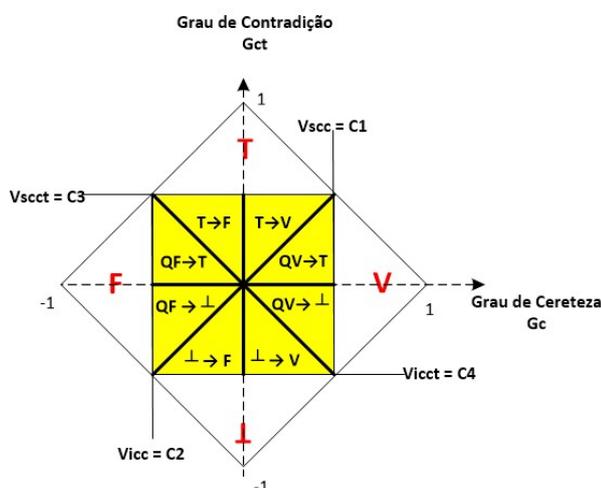


Figura 11 - Representação do reticulado da LPA2v seccionado em 12 regiões.

Fonte: Adaptado Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres, 2008.p.29

No Quadro 3, estão representados os quatro estados lógicos extremos.

Quadro 3 - Estados lógicos extremos.

Estados Lógicos extremos	
Símbolo	Estado
T	Inconsistente
F	Falso
⊥	Indeterminado
V	Verdadeiro

Fonte: Adaptado (Da Silva Filho, Abe e Torres, 2008, p. 31)

No Quadro 4 é demonstrado os possíveis estados lógicos denominados não extremos.

Quadro 4 - Estados Lógicos não-extremos.

Estados Lógicos não-extremos	
Símbolo	Estado
$\perp \rightarrow F$	Indeterminado tendendo a falso
$\perp \rightarrow V$	Indeterminado tendendo a verdadeiro
$T \rightarrow F$	Inconsistente tendendo a Falso
$T \rightarrow V$	Inconsistente tendendo a Verdadeiro
$Qv \rightarrow T$	Quase Verdadeiro tendendo a Inconsistente
$QF \rightarrow T$	Quase Falso tendendo a Inconsistente
$QF \rightarrow \perp$	Quase Falso tendendo a Indeterminado
$Qv \rightarrow \perp$	Quase Verdadeiro tendendo a Indeterminado

Fonte: Adaptado (Da Silva Filho, Abe e Torres, 2008, p. 31)
 As variáveis de controle de máximos e mínimos para recursos de otimização são:

Quadro 5 - Valores de controles

Variáveis de controle	
Sigla	Definição
Vsc	Valor Superior de Controle de Certeza
Vscct	Valor Superior de Controle de Contradição
Vic	Valor Inferior de Controle de Certeza
Vicct	Valor Inferior de Controle de Contradição

Fonte: Adaptado (Da Silva Filho, Abe e Torres, 2008, p. 31)

Conforme já visto, os valores das variáveis de entrada são representados por:

μ → Grau de Evidencia favorável

λ → Grau de Evidencia desfavorável

Na Tabela 2 são apresentados os valores relacionais.

Tabela 2 - Valores relacionais

Gct	Grau de contradição, em que:	$Gct = (\mu + \lambda) - 1$	$0 \leq \mu \leq 1$ $0 \leq \lambda \leq 1$
Gc	Grau de certeza, em que:	$Gc = \mu - \lambda$	$0 \leq \mu \leq 1$ $0 \leq \lambda \leq 1$

Fonte: Adaptado (Da Silva Filho, Abe e Torres, 2008, p. 31).

2.4.9 O algoritmo Para-analisador

Com as variáveis e valores relacionados ao reticulado, é feita uma descrição entre as entradas e saídas envolvidas no processo de análise. Como resultado das várias sentenças descritivas é apresentado o algoritmo Para-Analisador. (DA SILVA FILHO, ABE e LAMBERT-TORRES, 2008, p. 31).

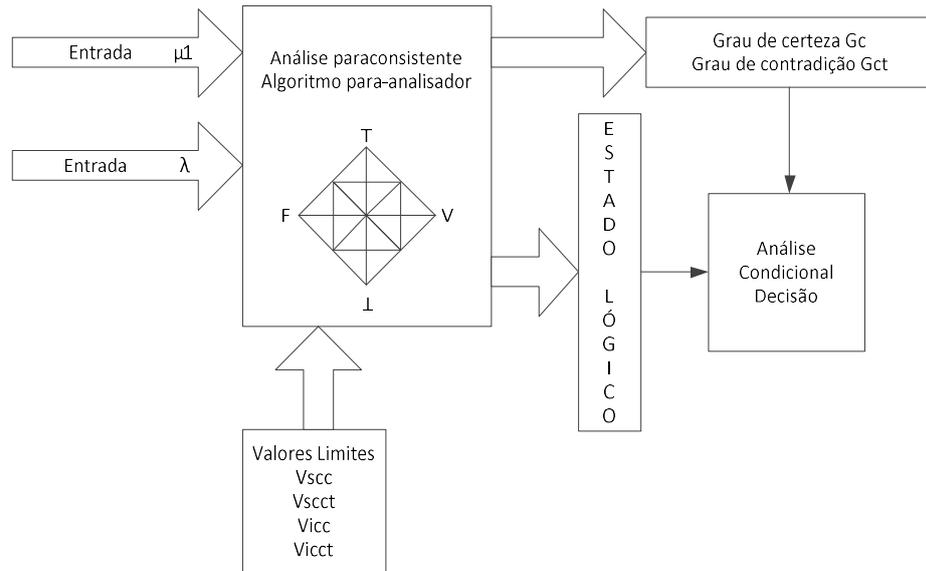


Figura 12 – Representação de um sistema paraconsistente utilizando o reticulado LPA2v
 Fonte: (Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres, 2008, p. 33)

**/Definições dos valores*/*

$V_{sc} = C1$ */ Definição do valor superior de controle de certeza*/

$V_{ic} = C2$ */ Definição do valor inferior de controle de certeza*/

$V_{scct} = C3$ */ Definição do valor superior de controle de contradição*/

$V_{icct} = C4$ */ Definição do valor inferior de controle de contradição*/

**/Variáveis de entrada*/*

μ_1

μ_2

**/Variáveis de saída*/*

Saída discreta = S1

Saída analógica = S2a

Saída analógica = S2b

**/Expressões matemáticas */*

sendo : $0 \leq \mu_1 \leq 1$ e $0 \leq \mu_2 \leq 1$

$G_{ct} = (\mu_1 + \mu_2) - 1$

$G_c = \mu_1 - \mu_2$

**/determinação dos estados lógicos extremos */*

Se $G_c \geq C1$ então $S1 = V$

Se $G_c \leq C2$ então $S1 = F$

Se $G_{ct} \geq C3$ então $S1 = T$

Se $G_{ct} \leq C4$ então $S1 = \perp$

/determinação dos estados lógicos não-extremos/

Para $0 \leq G_c < C_1$ e $0 \leq G_{ct} < C_3$

se $G_c \geq G_{ct}$ então $S_1 = Q_v \rightarrow T$

se $G_c < G_{ct}$ então $S_1 = T \rightarrow v$

Para $0 \leq G_c < C_1$ e $C_4 < G_{ct} \leq 0$

se $G_c \geq |G_{ct}|$ então $S_1 = Q_v \rightarrow \perp$ 29

se $G_c < |G_{ct}|$ então $S_1 = \perp \rightarrow v$

Para $C_2 < G_c \leq 0$ e $C_4 < G_{ct} \leq 0$

se $|G_c| \geq |G_{ct}|$ então $S_1 = Q_f \rightarrow \perp$ se $|G_c| < |G_{ct}|$ então $S_1 = \perp \rightarrow F$

Para $C_2 < G_c \leq 0$ e $0 \leq G_{ct} < C_3$

se $|G_c| \geq G_{ct}$ então $S_1 = Q_f \rightarrow T$

se $|G_c| < G_{ct}$ então $S_1 = T \rightarrow F$

$G_{ct} = S_{2a}$

$G_c = S_{2b}$

/ FIM/

Segundo Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres (2008), todo sistema de Controle Paraconsistente, baseado em um algoritmo Para-Analisador, faz uma interpretação dos dados em três fases conforme demonstrado na tabela 3.

Tabela 3 - Etapas de um sistema Para-Analisador.

Etapas do Para-Analisador	
Etapa	Descrição
1- O sistema recebe informação	$\mu \rightarrow$ valor real entre 0 e 1 $\lambda \rightarrow$ valor real entre 0 e 1
2- O sistema faz o processamento	$G_c = \mu - \lambda$ $G_{ct} = (\mu + \lambda) - 1$
3- O Sistema conclui	Se existir um alto grau de contradição, então ainda não existe certeza quanto a decisão, deve-se buscar novas evidencias; Se existir baixo grau de Contradição, então se pode formular a conclusão, desde que exista um alto grau de certeza.

Fonte: Adaptado (Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres, 2008, p. 31)

A Tabela 3 sinaliza que os dados de entrada que serão analisados durante as etapas de um sistema para-analisador, são oriundos de fontes diversas (especialistas), identifica o grau de evidência favorável (μ) e, calcula o grau de

evidência desfavorável (λ). Com esses dois graus de evidência, o Sistema de controle Paraconsistente determina o grau de contradição $G_{ct} = (\mu + \lambda) - 1$.

2.4.10 O algoritmo NAP - Nó de Análise Paraconsistente.

O Algoritmo Paraconsistente NAP (Nó de Análise Paraconsistente) recebe em suas duas entradas os dois graus de Evidência, equaciona estes valores, conforme os fundamentos da LPA2v e apresenta na saída um único valor de Grau de Evidência resultante.

Na Figura 13 é apresentado um nó de análise paraconsistente (NAP) e ainda, segundo Da Silva Filho, Abe e Lambert-Torres (2008), é o símbolo típico que será utilizado para constituir uma rede de análise paraconsistente pelo Extrator de Contradição *ParaExtr_{ctr}*.

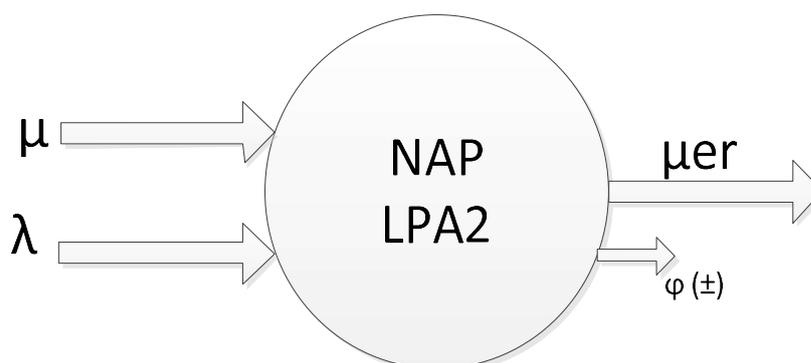


Figura 13 - Símbolo do NAP - Nó de Análise Paraconsistente.

Fonte: (DA SILVA FILHO. 2009)

A Figura 13 permite a compreensão de que o processo de análise, inicia-se com a obtenção dos graus de Evidência favoráveis e desfavoráveis, oriundas dos bancos de dados utilizados e formalizados através de equações de normalização.

O conjunto de graus de evidências será utilizado para análise através dos NAPs, objetivando a extração das contradições. Segundo Da Silva Filho (2009), o algoritmo segue as descrições a seguir.

- Entre com os valores de Entrada
 μ */ Grau de Evidência favorável $0 \leq \mu \leq 1$
 λ */ Grau de Evidência desfavorável $0 \leq \lambda \leq 1$

- Calcule o Grau de Contradição normalizado

$$\mu_{ctr} = \frac{\mu + \lambda}{2} \quad \text{Equação 4}$$

- Calcule o Intervalo de Evidência resultante

$$\varphi_E = 1 - |2\mu_{ctr} - 1| \quad \text{Equação 5}$$

- Calcule o Grau de Certeza

$$G_c = \mu - \lambda \quad \text{Equação 6}$$

- Calcule o Grau de Contradição

$$G_{ct} = (\mu + \lambda) - 1 \quad \text{Equação 7}$$

- Calcule a distância D

$$D = \sqrt{(1 - |G_c|)^2 + G_{ct}^2} \quad \text{Equação 8}$$

- Determine o sinal da Saída

Se $\varphi_E \leq 0,25$ ou $D > 1$, então faça:

$S1=0,5$ $S2 = \varphi_E$: Indefinição e vá para o item 11

Senão vá para o próximo item

- Determine o Grau de Certeza real

Se $0 < G_c > 0$ $G_{CR} = (1 - D)$ Equação 9

Se $G_c < 0$ $G_{CR} = (D - 1)$ Equação 10

- Calcule o Grau de Evidência resultante real

$$\mu_{ER} = \frac{G_{CR} + 1}{2} \quad \text{Equação 11}$$

- Apresente os resultados na saída

Faça $S1 = \mu_{ER}$ e $S2 = \varphi_E$

- Fim

2.4.11 O Algoritmo Extrator de Efeitos da contradição - *ParaExtr_{ctr}*

Ainda Da Silva Filho (2009) preconiza que, através de informações extraídas de um banco de dados, o algoritmo extrator de efeitos da Contradição, é capaz de extrair gradualmente os efeitos da contradição existente entre os graus de evidência. Na figura 14 é ilustrado o símbolo do *ParaExtr_{ctr}*.

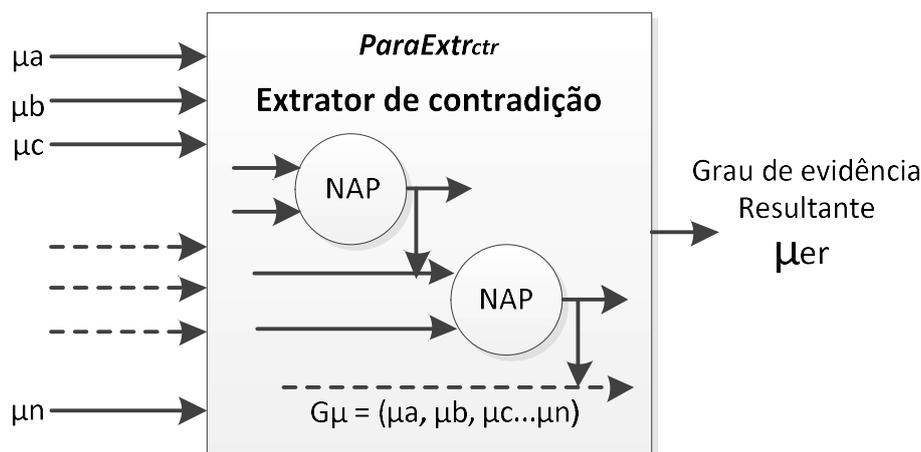


Figura 14 - Símbolo do *ParaExtr_{ctr}* Algoritmo Paraconsistente Extrator de efeitos da Contradição.

Fonte: Da Silva Filho (2009)

Em sintonia com a Figura 14, Da Silva Filho esclarece que:

Em seu funcionamento típico, o *ParaExtr_{ctr}* recebe um grupo de sinais de informação representados por Graus de evidência a respeito de uma determinada proposição P e independente de informações externas, faz a análise paraconsistente em seus valores e gradativamente, vai extraindo os efeitos de contradição até restar um único grau de Evidência resultante real (DA SILVA FILHO, 2009)

A seguir é descrito o algoritmo *ParaExtr_{ctr}* utilizado no processo de extração de contradição das informações.

- 1 - Apresente os n valores de Graus de Evidência que compõe o grupo em estudo.

$$G_{\mu} = (\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots, \mu_n) \quad */\text{Graus de Evidência } 0 \leq \mu \leq 1 */$$

- 2 - Selecione o maior valor entre os Graus de Evidência do grupo em estudo.

$$\mu_{\max A} = \text{Max} (\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots, \mu_n)$$

- 3 - Considere o maior valor entre os Graus de Evidência do grupo em estudo em Grau de Evidência favorável.

$$\mu_{\max A} = \mu$$

- 4 - Selecione o menor valor entre os Graus de Evidência do grupo em estudo.

$$\mu_{\text{mimA}} = \text{mim} (\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots, \mu_n)$$

- 5 - Transforme menor valor em Grau de Evidência desfavorável.

$$1 - \mu_{\text{mimA}} = \lambda$$

- 6 - Faça a análise Paraconsistente entre os valores selecionados:

$$\mu_{R1} = \mu \diamond \lambda \quad */ \text{ Utilização de um NAP } */$$

- 7 - Acrescente o valor obtido μ_{R1} no grupo em estudo, excluindo deste os dois valores μ_{max} e μ_{mim} selecionados anteriormente.

$$G_\mu = (\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots, \mu_n, \mu_{R1}) - (\mu_{\text{maxA}}, \mu_{\text{mimA}})$$

- 8 - Retorne ao item 2 até que o Grupo em estudo tenha um único elemento resultante das análises.

- 9 - $G_\mu = (\mu_{ER})$

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para que se pudesse responder ao questionamento em questão (de como eliminar as incertezas nas tomadas de decisões quando estas envolvem diversas variáveis) que norteou o presente estudo e, buscando atingir aos objetivos propostos, os procedimentos metodológicos foram delineados em uma primeira etapa como um estudo exploratório, logo não conclusivo, devido a inovação de unir a Ferramenta *Solver* à Lógica Paraconsistente Anotada de Anotação com dois Valores (LPA2v). Em uma segunda etapa, empregou-se uma metodologia descritiva, frente aos resultados obtidos na simulação da proposta de inovação. Tanto na primeira etapa, quanto na segunda, as metodologias empregadas são de caráter quantitativo. Essa metodologia exploratória é definida e recomendada por Gil (2010), quando o assunto ainda não se esgotou, como é o caso do tema ora proposto.

Como método, foi utilizada uma pesquisa de campo, usando a técnica da entrevista, junto aos gestores tomadores de decisões de uma empresa prestadora de serviços no segmento da construção civil.

Essa pesquisa de campo se caracterizou como uma coleta de depoimentos, visando identificar junto aos gestores seus temores referentes as dúvidas geradas no momento da tomada de decisão.

A partir dos resultados obtidos na pesquisa de campo, outros métodos empregados foram a simulação de um problema envolvendo a viabilidade de projetos, baseados em índices financeiros e apoio da Pesquisa Operacional e também, houve a necessidade de buscar na literatura, conceitos que pudessem alicerçar esta simulação.

Assim, os resultados obtidos nesta simulação permitiram apresentar uma proposta de aplicação da ferramenta *Solver*, tendo como apoio os fundamentos da Lógica Paraconsistente anotada de dois valores.

Portanto, amparando-se teoricamente nos ensinamentos de Ragsdale (2014), problemas onde está envolvida uma seleção de projetos, no qual se deseja escolher uma combinação de projetos ou até mesmo identificar as prioridades dos mesmos, frequentemente geram incertezas.

Essas incertezas podem ser do tipo se um projeto escolhido pode ser contemplado com sucesso e, se o sucesso pode ser influenciado pela quantidade de recursos usados para o projeto e as propostas de custos iniciais.

3.1 Contextualização do Lócus da Pesquisa

O lócus da pesquisa se dá em uma empresa especialista em prestar serviços para o ramo da construção civil, no que tange a projetos nessa área. A empresa, lócus deste estudo, doravante será denominada de Empresa Alfa, por questões éticas e pelos assuntos confidenciais informados ao longo do texto. Estabelecida há mais de 15 anos no município de Santos/SP, a empresa, considerada de médio porte, foi ao longo desse tempo, confirmando sua vocação junto ao ramo da construção civil. Atualmente a empresa comporta um quadro efetivo de 28 colaboradores especialistas, com satisfatória experiência profissional.

Mesmo com experiência satisfatória apresentada pelos especialistas, conforme explanação da própria direção da empresa houve impasse, pelas dúvidas e incertezas geradas no momento da decisão, quanto ao projeto a ser considerado de maior relevância, em seus vários aspectos, para a organização. Nesse contexto, delineou-se o estudo de caso proposto neste estudo.

3.2 Configuração dos sujeitos e amostra da pesquisa

Os sujeitos e amostra da pesquisa se configuram em quatro profissionais que ocupam posição de comando nos cargos de diretores, com plenos poderes para tomada de decisão.

3.3 Coleta de Dados

Para a coleta de dados, empregou-se a técnica da entrevista, junto aos quatro diretores, os quais dois eram da área de projetos e dois da área administrativa e financeira.

A entrevista teve a finalidade de coletar depoimentos referentes às dúvidas encontradas pelos diretores, quanto à decisão sobre o projeto mais viável, principalmente em âmbito financeiro, dentre os seis projetos considerados.

Portanto, a coleta de dados se inclinou a buscar elementos necessários para uma simulação que pudesse auxiliar na identificação do projeto mais viável. Esses elementos são compreendidos como: Fluxo de caixa por um período de sete anos seguidos; Custos iniciais dos três especialistas, Parâmetros de probabilidades fornecidas pelos diretores e, Taxa de retorno (TMR).

3.4 Resultados Obtidos

Os Diretores da empresa Alfa desejavam determinar como alocar o seu orçamento para o próximo ano. Seis diferentes projetos estavam em consideração. Esses diretores acreditavam que o sucesso de cada projeto dependeria, em parte, do número de engenheiros envolvidos. Assim, cada função de probabilidade foi expressa pelos diretores, da seguinte forma:

$$\beta = \text{probabilidade de sucesso do projeto } i \text{ envolver } x_i \text{ engenheiros} = \frac{x_i}{x_i + \varepsilon_i}$$

Onde ε_i é uma constante positiva para o projeto i que determina a forma de sua função de probabilidade.

As funções de probabilidade para vários projetos são mostradas na Tabela 4.

Tabela 4 - Custos iniciais.

CUSTOS INICIAIS						
	Projeto					
	1	2	3	4	5	6
Custos iniciais – Esp 1	230	160	165	95	244	126
Custos iniciais – Esp 2	240	120	170	125	255	125
Custos iniciais – Esp 3	234	154	164	138	244	110
Parâmetro de Prob. ϵ	3,1	2,5	4,5	5,6	8,2	8,5
Obs. Todos os valores monetários estão em \$1.000.						

Assim, a Tabela 4 permite observar os custos iniciais dos três especialistas, conforme propósito da coleta de dados.

Já os fluxos de caixa estimados pelos diretores, para cada projeto apresentado durante o período de sete anos seguidos, estão dispostos na Tabela 5.

Tabela 5 - Fluxos de caixa estimados para os projetos.

	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7
Projeto 1	80	75	60	45	64	65	35
Projeto 2	68	44	55	40	62	74	42
Projeto 3	69	67	48	32	80	71	33
Projeto 4	55	55	72	44	57	65	28
Projeto 5	90	65	56	39	44	80	40
Projeto 6	74	68	57	35	74	65	44

Obs. Todos os valores monetários estão em \$1.000.

Os dados ilustrados na Tabela 5 indicam as projeções propostas pelos diretores, para cada projeto a ser considerado.

Ainda assim, os diretores concordam em contratar até 25 engenheiros para acompanhar os projetos e pretendem destinar R\$850 mil do orçamento, a fim de cobrir os custos iniciais para os projetos selecionados.

Todavia, desejava-se determinar o projeto e a estratégia de alocação de recursos que maximizassem o VPL esperado e assim, identificar o projeto com maior viabilidade econômica.

Já a taxa de mercado utilizada foi de 8% ao ano e o critério de avaliação de viabilidade econômica dos projetos foi o VPL (Valor presente líquido).

Conforme enfatiza Assaf Neto e Lima (2009), o Valor Presente Líquido (VPL), leva em conta o valor do dinheiro no tempo. Portanto, todas as entradas e saídas de caixa são tratadas no tempo presente.

Logo, é possível considerar que o VPL de um investimento é igual ao valor presente do fluxo de caixa líquido do projeto em análise, descontado pelo custo médio ponderado de capital.

Ao se ponderar que a equação que determina o VPL é uma função não linear, Ragsdale (2014) orienta que técnicas de Programação não linear (PLN) abordadas em Pesquisa Operacional, podem ser usadas para ajudar a modelar essas incertezas sobre o potencial sucesso de um projeto selecionado.

3.5 Modelando o Problema

Segundo Belfiore e Fávero (2013), um modelo matemático é a representação simplificada de um sistema real, podendo ser um problema já existente ou ainda um projeto futuro.

Ainda segundo o autor, um modelo matemático é composto por três elementos principais: variáveis de decisão, função objetivo e por fim as restrições do problema em questão.

No estudo de caso em questão, os diretores devem tomar duas decisões separadas, mas relacionadas, primeiro quais projetos selecionar. Será utilizado, portanto, variáveis binárias para modelar essas decisões:

3.6 Definição das variáveis de decisão

$$Y_i = \begin{cases} 1, & \text{se o projeto } i \text{ for selecionado.} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}, \quad i = 1, 2, 3, 4, \dots, 6$$

E segundo, os diretores devem determinar o número de engenheiros que trabalharão em cada projeto. Para essa decisão, será usado as seguintes variáveis:

$$X_{i=} \text{ Número de engenheiros envolvidos em cada projeto } i, \quad i=1, 2, 3, 4, \dots, 6$$

3.7 Definição da função Objetivo

Como objetivo, pretende-se maximizar o VPL esperado da decisão, portanto, a Função Objetivo deve corresponder a essa quantidade. Para isso, deve-se multiplicar o retorno esperado de cada projeto pela probabilidade de cada projeto bem sucedido.

$$MAX = \sum_{i=1}^n VPL_{ESP(i)} \cdot \beta \quad \text{Equação 12}$$

3.8 Definição das Restrições

Restrição de fundos iniciais – Deve-se garantir que os custos iniciais dos projetos selecionados não ultrapasse \$850.000,00:

$$C_1 Y_1 + C_2 Y_2 + C_3 Y_3 + C_4 Y_4 + C_5 Y_5 + C_6 Y_6 \leq 850 \quad \text{Equação 13}$$

Restrição do número de engenheiros envolvido nos projetos – Deve-se garantir que esse número não ultrapasse 25 engenheiros.

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 \leq 25 \quad \text{Equação 14}$$

Restrição de ligação: Garante que os engenheiros estarão envolvidos somente nos projetos que serão selecionados.

$$X_i Y_i - 25 Y_i \leq 0 \quad i = 1, 2, 3, 4, \dots, 6 \quad \text{Equação 15}$$

Essas restrições de ligação garantem que uma variável X_i pode ser maior que 0 se, e somente se, sua variável y_i for igual a 1.

E ainda se tem:

$X_i \geq 0$ e inteiro

$Y_i = \text{Binário}$

4 SIMULAÇÃO DO PROBLEMA

Simulação é um método empregado para estudar o desempenho de um sistema por meio de formulação de um modelo matemático, que possui as mesmas, ou pelo menos semelhantes, características do sistema original (EHRlich, 1985).

Após a modelagem do problema, os procedimentos para a simulação para a otimização dos três especialistas estão descritos a seguir.

4.1 Otimização do especialista 1

Inicialmente foi calculado o valor Presente Líquido (VPL) para cada projeto, com base nos custos iniciais do especialista 1, conforme anuncia a Tabela 6..

$$VPL = \frac{FC_1}{(1+0,08)^1} + \frac{FC_2}{(1+0,08)^2} + \frac{FC_3}{(1+0,08)^3} + \frac{FC_4}{(1+0,08)^4} + \frac{FC_5}{(1+0,08)^5} + \frac{FC_6}{(1+0,08)^6} + \frac{FC_7}{(1+0,08)^7} \quad \text{Equação 16}$$

Tabela 6 - Cálculo do VPL - Especialista 1.

Projeto	Investimento inicial	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	VPL
1	-230	80	75	60	45	64	65	35	R\$ 94,02
2	-160	68	44	55	40	62	74	42	R\$ 127,08
3	-165	69	67	48	32	80	71	33	R\$ 136,40
4	-95	55	55	72	44	57	65	28	R\$ 188,67
5	-244	90	65	56	39	44	80	40	R\$ 71,88
6	-126	74	68	57	35	74	65	44	R\$ 188,79

Na Tabela 6, convém esclarecer que os cálculos foram efetuados com o auxílio do *Excel* e a Equação 16 para todos os projetos.

No que tange aos valores dos VPL's, os custos iniciais do especialista 1, assim como os parâmetros apresentados para a tomada de decisão, foram inseridos em uma planilha do *Excel* para otimização dos VPL's esperados e posterior análise.

Observa-se que esse problema possui uma função objetivo não linear que é demonstrada pela Equação 1 e as restrições lineares, equações 2,3 e 4. Uma abordagem sugerida por Ragsdale (2014) para implementar esse modelo é

mostrada na Tabela 7, onde é demonstrada a inserção das formulas nas respectivas células.

Tabela 7 - Formulas da planilha de otimização.

Células	Formula	Descrição
C7 a C12		São usadas para representar as variáveis binárias y_i se o projeto será selecionado ou não.
D7 a D12		Representam as variáveis x_i indicando o número de engenheiros alocados em cada projeto.
D13	=SOMA(D7:D12)	Restrição de número de engenheiros envolvidos nos projetos.
E7 a E12	=D7-C7*\$D\$14	De ligação - Estes valores serão restritos para serem ≤ 0 .
G7 a G12	=D7/(D7+F7)	Calcula a probabilidade de sucesso para cada projeto
I7 a I12	=G7*H7	Calcula o VPL esperado para cada projeto
H14	=SOMA(I7:I12)	Calcula o VPL esperado Total
J16	=J16 <=J17	Restringe recurso utilizado com recurso disponível

Com as fórmulas inseridas na planilha e os dados de custos iniciais e VPL, conforme ilustra a Tabela 7, deve-se agora configurar o *Solver* do *Excel* para otimização do problema, de acordo com a Figura 15 abaixo.

Projeto	Select (1/0)	nº Eng.	Restrições	\mathcal{E}	Prob. Sucesso β	VPL	VPL esperado	Custo inicial
1			0	3,1	0	R\$ 94,02	R\$ 0,00	230
2			0	2,5	0	R\$ 127,08	R\$ 0,00	160
3			0	4,5	0	R\$ 136,40	R\$ 0,00	165
4			0	5,6	0	R\$ 188,67	R\$ 0,00	95
5			0	8,2	0	R\$ 71,88	R\$ 0,00	244
6			0	8,5	0	R\$ 188,79	R\$ 0,00	126
Total utilizado=		0						
Engenheiros disponíveis =		25	Taxa= 8%		Total = R\$ 0,00			
						Total de recursos disponível =		R\$ 850,00
						Total de recursos utilizado =		R\$ 0,00

$Y_i = \text{Binário}$ $X_i Y_i - 25 Y_i \leq 0$ $\frac{x_i}{x_i + \varepsilon_i}$ $VPL \cdot \beta$

$C_1 Y_1 + C_2 Y_2 + C_3 Y_3 + C_4 Y_4 + C_5 Y_5 + C_6 Y_6 \leq 850$

$MAX = \sum_{i=1}^n VPL_{ESP(i)} \cdot \beta$

Figura 15 - Planilha de resolução - especialista 1

A Figura 15 sugere que após a inserção dos valores na planilha de resolução, é necessário configurar os parâmetros no *Solver*.

Os parâmetros do solver como: tipos de desigualdade das restrições; se a função é de máximo ou mínimo; a não negatividade das variáveis e, se a solução é

uma programação linear ou não linear, devem ser informadas. Para tanto, seleciona-se na barra de ferramenta do *Excel* a aba Dados em seguida, a função *solver*.

Na janela Definir Objetivo, deve ser informada a célula I14, que foi reservada para a apresentação da solução ótima da Função Objetivo. Também é necessário marcar a opção de maximizar ou minimizar a mesma função.

Como as variáveis do problema não podem ser negativas, tornam-se necessário marcar a opção Tornar Variáveis Irrestritas Não Negativas, na janela Selecionar Um Método de Solução, escolher a opção GRG não linear, pois se trata de otimizar uma função não linear e acionar o botão Resolver.

Parâmetros do Solver

Definir Objetivo:

Para: Máx. Mín. Valor de:

Alterando Células Variáveis:

Sujeito às Restrições:

- \$C\$7:\$C\$12 = binário
- \$D\$13 <= \$D\$14
- \$D\$7:\$D\$12 = número inteiro
- \$D\$7:\$D\$12 >= 0
- \$E\$7:\$E\$12 <= 0
- \$J\$16 <= \$J\$15

Tornar Variáveis Irrestritas Não Negativas

Selecionar um Método de

Método de Solução

Selecione o mecanismo GRG Não Linear para Problemas do Solver suaves e não lineares. Selecione o mecanismo LP Simplex para Problemas do Solver lineares. Selecione o mecanismo Evolutionary para problemas do Solver não suaves.

Ajuda Fechar

Figura 16 - Parâmetros do Solver para solução do problema.

Na Figura 17, pode-se observar a solução otimizada para o problema que envolve os dados do especialista 1. Estes procedimentos serão repetidos para os especialistas 2 e 3.

Projeto	Select (1/0)	nº Eng.	Restrições	β	Prob. Sucesso β	VPL	VPL esperado	Custo inicial
1	1	3	-22	3,1	0,491803279	R\$ 94,02	R\$ 46,24	230
2	1	4	-21	2,5	0,615384615	R\$ 127,08	R\$ 78,21	160
3	1	5	-20	4,5	0,526315789	R\$ 136,40	R\$ 71,79	165
4	1	6	-19	5,6	0,517241379	R\$ 188,67	R\$ 97,59	95
5	0	0	0	8,2	0	R\$ 71,88	R\$ 0,00	244
6	1	7	-18	8,5	0,451612903	R\$ 188,79	R\$ 85,26	126
Total utilizado=		25						
Engenheiros disponíveis =		25	Taxa= 8%			Total = R\$ 379,08		
						Total de recursos disponível =		R\$ 850,00
						Total de recursos utilizado =		R\$ 776,00

Figura 17 - Otimização do Especialista 1 – Solver.

Como pode-se observar, após o processo de otimização, o projeto 4 foi selecionado como o mais viável, com um $VPL_{(esperado)} = R\$97,59$ com 6 engenheiros alocados e um grau de probabilidade de sucesso de 0,517241379.

4.2 Otimização do Especialista 2

Os valores dos VPL's referentes aos custos iniciais do especialista 2 são calculados usando os mesmos procedimentos descritos anteriormente, e os resultados apresentados a seguir.

Tabela 8 - Cálculo do VPL - Especialista 2.

Projeto	Investimento inicial	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	VPL
1	-240	80	75	60	45	64	65	35	R\$ 84,02
2	-120	68	44	55	40	62	74	42	R\$ 265,00
3	-170	69	67	48	32	80	71	33	R\$ 230,00
4	-125	55	55	72	44	57	65	28	R\$ 251,00
5	-255	90	65	56	39	44	80	40	R\$ 159,00
6	-125	74	68	57	35	74	65	44	R\$ 292,00

Usando o mesmo modelo de planilha anterior para otimização, insere-se os dados referentes ao especialista 2. A Figura 18 ilustra esses valores.

Projeto	Select (1/0)	nº Eng.	Restrições	Prob(%)	Prob. Sucesso β	VPL	VPL esperado	Custo inicial	
1			0	3,1	0	R\$ 84,02	R\$ 0,00	240	
2			0	2,5	0	R\$ 265,00	R\$ 0,00	120	
3			0	4,5	0	R\$ 230,00	R\$ 0,00	170	
4			0	5,6	0	R\$ 251,00	R\$ 0,00	125	
5			0	8,2	0	R\$ 159,00	R\$ 0,00	255	
6			0	8,5	0	R\$ 292,00	R\$ 0,00	125	
Total utilizado=		0							
Engenheiros disponíveis =		25	Taxa= 8%			Total =		R\$ 0,00	
							Total de recursos disponível =	R\$ 850,00	
							Total de recursos utilizado =	R\$ 0,00	

Figura 18- Planilha de resolução – Especialista 2.

Na Figura 19, pode-se observar a solução otimizada para o problema que envolve os dados do especialista 2.

Projeto	Select (1/0)	nº Eng.	Restrições	Prob(%)	Prob. Sucesso β	VPL	VPL esperado	Custo inicial	
1	1	3	-22	3,1	0,491803279	R\$ 84,02	R\$ 41,32	240	
2	1	5	-20	2,5	0,666666667	R\$ 265,00	R\$ 176,67	120	
3	1	5	-20	4,5	0,526315789	R\$ 230,00	R\$ 121,05	170	
4	1	6	-19	5,6	0,517241379	R\$ 251,00	R\$ 129,83	125	
5	0	0	0	8,2	0	R\$ 159,00	R\$ 0,00	255	
6	1	6	-19	8,5	0,413793103	R\$ 292,00	R\$ 120,83	125	
Total utilizado=		25							
Engenheiros disponíveis =		25	Taxa= 8%			Total =		R\$ 589,70	
							Total de recursos disponível =	R\$ 850,00	
							Total de recursos utilizado =	R\$ 780,00	

Figura 19 - Otimização do Especialista 2 – Solver.

No processo de otimização do especialista 2, o projeto 2 foi selecionado como o mais rentável com $VPL_{(esperado)} = R\$176,67$ com 5 engenheiros alocados e um grau de probabilidade de sucesso de 0,66666667.

4.3 Otimização do Especialista 3

Os valores dos VPL's referentes aos custos iniciais do especialista 3 são calculados usando o mesmo procedimento descrito anteriormente conforme ilustra a Tabela 9.

Tabela 9 - Cálculo do VPL - Especialista 3.

Projeto	Investimento inicial	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	VPL
1	-234	80	75	60	45	64	65	35	R\$ 90,02
2	-154	68	44	55	40	62	74	42	R\$ 133,08
3	-164	69	67	48	32	80	71	33	R\$ 137,40
4	-138	55	55	72	44	57	65	28	R\$ 145,67
5	-244	90	65	56	39	44	80	40	R\$ 71,88
6	-110	74	68	57	35	74	65	44	R\$ 204,79

Abaixo encontra-se a planilha com os valores referentes ao custo inicial e valor dos VPL's do especialista 3.

Projeto	Select (1/0)	nº Eng.	Restrições	Prob(%)	Prob. Sucesso β	VPL	VPL esperado	Custo inicial
1			0	3,1	0	R\$ 90,02	R\$ 0,00	234
2			0	2,5	0	R\$ 133,08	R\$ 0,00	154
3			0	4,5	0	R\$ 137,40	R\$ 0,00	164
4			0	5,6	0	R\$ 145,67	R\$ 0,00	138
5			0	8,2	0	R\$ 71,88	R\$ 0,00	244
6			0	8,5	0	R\$ 204,79	R\$ 0,00	110
Total utilizado=		0						
Engenheiros disponíveis =		25	Taxa= 8%		Total =		R\$ 0,00	
							Total de recursos disponível =	R\$ 850,00
							Total de recursos utilizado =	R\$ 0,00

Figura 20 - Planilha de resolução – Especialista 3.

E por fim, a Figura 21 ilustra a solução otimizada para o problema que envolve os dados do especialista 3.

Projeto	Select (1/0)	nº Eng.	Restrições	Prob(%)	Prob. Sucesso β	VPL	VPL esperado	Custo inicial
1	1	3	-22	3,1	0,491803279	R\$ 90,02	R\$ 44,27	234
2	1	5	-20	2,5	0,666666667	R\$ 133,08	R\$ 88,72	154
3	1	5	-20	4,5	0,526315789	R\$ 137,40	R\$ 72,32	164
4	1	5	-20	5,6	0,471698113	R\$ 145,67	R\$ 68,71	138
5	0	0	0	8,2	0	R\$ 71,88	R\$ 0,00	244
6	1	7	-18	8,5	0,451612903	R\$ 204,79	R\$ 92,49	110
Total utilizado=		25						
Engenheiros disponíveis =		25	Taxa= 8%		Total =		R\$ 366,51	
							Total de recursos disponível =	R\$ 850,00
							Total de recursos utilizado =	R\$ 800,00

Figura 21 - Otimização do Especialista 3 – Solver.

Para o especialista 3, o processo identificou como mais viável o projeto 6 com $VPL_{(esperado)} = R\$92,94$ com 7 engenheiros alocados e um grau de probabilidade de sucesso de 0,451612903.

4.4 Síntese dos Resultados da Simulação.

Após as simulações realizadas, foi possível inferir que os valores esperados $VPL_{(esp)}$ e, a sua relação com a quantidade de engenheiros necessários aos projetos, atingiu seu ponto de incerteza.

Esse fato remete aos conceitos abordados no estudo do caso ora proposto na simulação, onde os tomadores de decisão acreditavam na premissa que a

quantidade de engenheiros estava relacionada diretamente com o sucesso do projeto.

É possível também observar que o projeto 2 apresentou o VPL mais elevado, fato este que o destacou como projeto mais viável. Todavia, essa expectativa é divergente quando anunciado a quantidade de engenheiros necessários.

A Tabela 10 abaixo resume os resultados esperados, associados a cada especialista e ao projeto mais viável.

Tabela 10 - Resultados dos VPL's esperados.

Especialista	Projeto viável	VPL esperado (\$)	Nº engenheiros
1	4	97,59	6
2	2	176,67	5
3	6	92,49	7

Nesse momento, a Tabela 10 permite inferir que a quantidade de recursos de um projeto nem sempre sinaliza o sucesso do mesmo.

Portanto, para chegar a uma decisão mais assertiva e assim, eliminar a incerteza quanto ao projeto mais viável, foi utilizado para análise, o Algoritmo Extrator de Contradições e como parâmetros, o fator β (probabilidade de sucesso do projeto i envolver x_i engenheiros).

Segundo Da Silva Filho (2009), o processo de análise se inicia com a obtenção dos graus de Evidências favoráveis e desfavoráveis oriundas dos bancos de dados utilizados e formalizados através de equações de normatização. No problema proposto, esses dados foram extraídos das tabelas de otimização através do fator β determinado pelo *Solver*.

5 RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO ALGORITMO EXTRATOR DE CONTRADIÇÃO NA TOMADA DE DECISÃO

Após a otimização dos projetos com o auxílio do *Solver*, foram selecionadas as probabilidades de sucesso (β) que elegeram os melhores projetos, segundo os três especialistas e utilizados como Graus de Evidência (μ_m) que compõem o grupo em estudo, conforme demonstrado no Quadro 6.

Quadro 6 - Probabilidades de sucesso (β) dos projetos.

Projeto 2		
Esp. 1	Esp. 2	Esp. 3
μ 1	μ 2	μ 3
0,61538462	0,66666667	0,66666667
Projeto 4		
Esp. 1	Esp. 2	Esp. 3
μ 1	μ 2	μ 3
0,51724138	0,51724138	0,47169811
Projeto 6		
Esp. 1	Esp. 2	Esp. 3
μ 1	μ 2	μ 3
0,41379310	0,45161290	0,45161290

Os Graus de Evidência (μ_m), anunciados no Quadro 6, os quais compõem o grupo em estudo, sugeriram a submissão ao Algoritmo Extrator de efeitos da Contradição.

O Algoritmo Paraconsistente Extrator de efeitos da Contradição *ParaExtrctr* e capaz de extrair gradativamente os efeitos da contradição em sinais de informação originados de banco de dados de conhecimento incerto.

Em seu funcionamento típico o *ParaExtrctr* recebe um grupo de sinais de informação representados por Graus de Evidencia a respeito de determinada proposição P e, independentemente de outras informações externas, faz análise paraconsistente em seus valores onde, gradativamente, vai extraíndo os efeitos da contradição até restar como saída um único Grau de Evidencia resultante real (DA SILVA FILHO, 2009).

Nesse contexto, a Tabela 11 apresenta as etapas do Algoritmo Paraconsistente Extrator de Contradição.

Tabela 11 - Aplicação do Algoritmo Extrator de Contradição

		ESPECIALISTAS								
Projeto 2	Esp. 1	Esp. 2	Esp. 3							
	μ 1	μ 2	μ 3	μ max	λ	Gc	Gct	(D)	Gcr	μ er
	0,61538462	0,66666667	0,66666667	0,66666667	0,38461538	0,28205128	0,05128205	0,71977789	0,28022211	0,640111055
		0,66666667	0,640111055	0,66666667	0,35988894	0,30677772	0,02655561	0,69373073	0,30626927	0,653134634

		ESPECIALISTAS								
Projeto 4	Esp. 1	Esp. 2	Esp. 3							
	μ 1	μ 2	μ 3	μ max	λ	Gc	Gct	(D)	Gcr	μ er
	0,51724138	0,51724138	0,47169811	0,51724138	0,52830189	0,01106051	0,04554327	0,98998763	0,01001237	0,494993815
		0,51724138	0,494993815	0,51724138	0,50500618	0,01223519	0,02224756	0,98801532	0,01198468	0,505992342

		ESPECIALISTAS								
Projeto 6	Esp. 1	Esp. 2	Esp. 3							
	μ 1	μ 2	μ 3	μ max	λ	Gc	Gct	(D)	Gcr	μ er
	0,41379310	0,45161290	0,45161290	0,45161290	0,58620690	0,13459399	0,03781980	0,86623201	0,13376799	0,433116005
		0,45161290	0,433116005	0,45161290	0,56688400	0,11527109	0,01849690	0,88492224	0,11507776	0,442461121

A Tabela 11 permite observar os resultados obtidos após a aplicação do Algoritmo Extrator de Contradição. Assim, é possível a compreensão de que os graus de evidência favoráveis de cada projeto foram submetidos ao Algoritmo Paraconsistente Extrator de efeitos da Contradição *ParaExtrctr*. Como resultado, notou-se que o projeto 2 apresentou o maior grau de evidência favorável (0,653134634) em relação ao projeto 4 e o projeto 6, eliminando assim a incerteza no que diz respeito a qual o projeto mais viável.

Portanto, o presente estudo recomenda a utilização desse alinhamento das ferramentas: *Solver* com a LPA2v, amparadas pelos conceitos da Pesquisa Operacional, para as tomadas de decisões, aplicando o Algoritmo Extrator de Contradição.

Entretanto, a proposta de aplicação de um algoritmo de extrator de contradição alinhado a outras ferramentas apresenta Vantagens e limitações conforme ilustra o Quadro 7 abaixo.

Quadro 7 - Vantagens e limitações da proposta de aplicação.

Vantagens	Limitações
Garantia dos resultados ótimos	O tomador de decisão necessita de um bom conhecimento em Pesquisa Operacional
Resolução de problemas onde são envolvidas muitas variáveis de decisão	Conhecimento prévio em Lógica
Elimina as possíveis incertezas em uma tomada de decisão	É necessário que o tomador de decisões possua bons conhecimentos em <i>Excel</i> .

O Quadro 7 remete à reflexão de que apesar das vantagens e limitações percebidas no alinhamento das ferramentas, esta temática, em seus resultados, não se esgota neste momento, sendo merecedora de novos estudos que permitam aprofundar os conhecimentos nas variáveis propostas.

5.1 Discussões Finais

Inicialmente o presente trabalho teve a pretensão de estudar e aprofundar os conhecimentos em ferramentas de gestão que pudessem auxiliar e contribuir com o gestor, no momento da tomada de decisões.

O momento da tomada de decisão é considerado um evento crítico, uma vez que precisa ser executado da forma mais assertiva possível pela expectativa de minimizar desperdício de tempo e custos financeiros desnecessários e muitas vezes incalculáveis.

Dessa forma, o presente estudo se norteou em investigar recursos com base na Pesquisa Operacional, indicadores financeiros como o Valor Líquido Presente (VPL), como também aqueles ainda pouco explorados como é o caso do *Solver*, suplemento da ferramenta *Excel*, da *Microsoft*. Porém, apesar dessa última ferramenta ser eficiente em seus resultados, ela utilizada de forma única, não foi capaz de permitir um resultado sem contradições e assim, gerando a incerteza com base nas premissas iniciais.

Todavia, quando o problema requer principalmente quantidade considerável de variáveis em seus estudos, no intuito de eliminar as possíveis incertezas é que as fragilidades das tomadas de decisões se mostram presentes.

No contexto das contradições proporcionadas pelo *Solver* durante a simulação do problema é que o presente trabalho buscou como recurso um alinhamento à Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois Valores (LPA2v), obtendo por meio de uma simulação, resultados positivos que comprovassem a eficiência e eficácia da combinação desses recursos ao eliminar as situações de contradição e incerteza, tornando as tomadas de decisões com um menor índice de incertezas, ou seja, mais precisas e assertivas.

A partir dessa decisão, foi identificado que não é a quantidade de atores envolvidos em projetos que determinam o sucesso ou não, nos resultados esperados.

Como trabalhos futuros, sugere-se aplicações desta fusão metodológica ora proposta entre a Ferramenta *Solver* e a Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores, em outras áreas do conhecimento que se deparem com a necessidade de tomar decisões, principalmente em cenários de incertezas.

6. CONCLUSÃO

Os resultados desse estudo de relevância acadêmica apontaram que é muito provável que as ferramentas estudadas (*Solver* e a LPA2v) isoladamente não proporcionariam condições para tomada de decisões mais assertivas. Assim sendo, fez-se necessário empregar ambas em conjunto para que fosse possível aumentar o grau de assertividade e por consequência, confiabilidade, para se chegar a uma convergência em relação à decisão.

Assim, a Ferramenta *Solver*, que auxiliou no quesito multiplicidade de variáveis, gerou dúvidas e incertezas no processo de tomada de decisão durante as análises conduzidas ao longo deste estudo, uma vez que encontrou limitação na identificação de uma única solução. Tais incertezas, geradas decorrentes da pluralidade de cenários propostos por diferentes especialistas, fez com que a utilização de algum outro recurso fosse essencial para, através de uma tomada de decisão mais assertiva, que fosse possível convergir em uma única solução neste empasse de projetos mutuamente excludentes.

Essa necessidade de emprego de ferramenta acessória para superar a limitação do *Solver* levou à escolha da LPA2v, que agregou grau de confiabilidade à ferramenta, uma vez que as tomadas de decisões sinalizadas passaram a ser as que se mostraram mais próximas dos acontecimentos e ocorrências posteriormente constatadas.

Assim sendo, conclui-se que a técnica descrita acima, que agrega duas metodologias (*Solver* e LPA2v), fundamenta procedimentos para pesquisas que permitem a utilização de novas estruturas mais complexas. Além disso, tal técnica é capaz de responder a outras situações de tomadas de decisão que exigem procedimentos diferentes de gestão de projetos.

6.1 Trabalhos Futuros

O presente estudo permite sua continuidade exploratória nas diversas áreas do saber, por intermédio de trabalhos de pesquisa que envolvam tomadas de decisões. As pesquisas poderão ser desenvolvidas a partir dos eixos teóricos apresentados e dos resultados obtidos na simulação de aplicação das ferramentas abordadas.

Ainda, é relevante observar que a união das ferramentas descritas ao longo do trabalho, possivelmente não se restringe nem ao problema analisado neste estudo nem ao grau de complexidade deste. Em outras palavras, projetos mais complexos podem beneficiar-se desta junção, uma vez que incrementos tanto em número de variáveis quanto de especialistas não inviabilizam a eficácia e eficiência da metodologia conjunta proposta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, R. O. B., AMBONI, N.. **Teoria geral da administração**; das origens às perspectivas contemporâneas. São Paulo: M. Books do Brasil, 2007.

ASSAF NETO , A.; LIMA, F. G. **Curso de administração financeira**. v. 1. São Paulo: Atlas, 2009.

BELFIORE, P.; FÁVERO, L. P. **Pesquisa operacional** - para cursos de engenharia. Rio de Janeiro: Campus, 2013.

BEUREN, I. M. **Gerenciamento da informação**: um recurso estratégico no processo de gestão empresarial. São Paulo: Atlas, 2000.

CARAVANTES. G. R.; PANNO, C. C., KLOECKNER, M. C. **Administração**: teoria e processo. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

CARVALHO, F. R. D. **Lógica Paraconsistente Aplicada em tomadas de decisão** - Uma aborgagem para administração de universidades. São Paulo: Aleph, 2002.

CARVALHO, F. R. D.; ABE, J.. **Tomadas de decisão com ferramentas da lógica paraconsistente anotada**. São Paulo: Blucher, 2011.

CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração**. 4. ed. São Paulo: Makron Books, 1993.

CHOO, C. W. **A organização do conhecimento**: como as organizações usam a informação para criar significado, construir conhecimento e tomar decisões. São Paulo: SENAC, 2003. 425p.

COOPER, R. G.; EDGETT, S. J. KLEINSCHMIDT, E. J. **New product portfolio management: Practices and Performance**. *Journal of Product Innovation Management*, v.16, p. 333-351, 1999.

DA SILVA, J. I. F. Introdução ao conceito de estado Lógico Paraconsistente et. **Seleção Documental**, Santos, n. 17, p. 20-24, 2010.

_____. Algoritmo paraconsistente Extrator de Efeitos da Contradição. **Revista Seleção Documental**, Santos, p. 21-25, Setembro 2009.

_____; ABE, M.; TORRES, L. T. **Inteligência artificial**: Com as redes e Análises Paraconsistentes - Teoria e Aplicações. Rio de Janeiro: LTC, 2008

_____; ABE, J. M. **Fundamentos das redes neurais paraconsistentes** - Destacando aplicações em neurocomputação. São Paulo: Arte & Ciência, 2001.

._____. Métodos de Aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada de anotação com dois valores-LPA2v com construção de Algoritmo e Implementação de Circuitos Eletrônicos. **Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais. São Paulo, 1999.

DRUCKER, P. F. **O melhor de Peter Drucker: a administração**. São Paulo: Nobel, 2001.

EHRlich, Pierre J. **Pesquisa operacional - curso introdutório**. São Paulo: Atlas, 1985.

KESTER, L.; GRIFFIN, A.; HULTINK, E. J.; LAUCHE, K. **Exploring Portfolio DecisionMaking Processes**. Journal of Product Innovation Management, v. 28, p. 641-661, 2011.

LACHTERMACHER, G. **Pesquisa operacional na tomada de decisões**. 4. ed. São Paulo: Pearson, 2009.

PIZZOLATO, N. D.; GANDOLPHO, A. A. [S.l.]: [s.n.]. - **Técnicas de otimização**. Rio de Janeiro: LTC, 2009

RAGSDALE, C. **Modelagem de planilha e análise de decisão: uma introdução prática a business analytics**. 7ª. ed. São Paulo: Cengage, 2014.

TIWARI, N. K.; SANDILYA, S. K. **Operations Research**. New Delhi: Prentice-Hall, 2006.

SIMON, H. A.. *The shape of automation for men abda management*. Nova York, **Harper & Row, Publishers, Inc**, 1965, p. 62.

THIRY-CHERQUES, H. R. **Modelagem de projetos**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2004.