

**ÁTILA JULIANO**

**Análise de projetos de investimentos utilizando teoria dos jogos e teoria das opções reais**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção do certificado de conclusão do curso MBA em Engenharia Financeira.

Área de concentração:  
Gestão Financeira

Orientador:  
Prof. Danilo Z. Figueiredo

**São Paulo**  
**2016**

MBA/EF  
2016  
J743a



Escola Politécnica - EPEL



31500015291

#### CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

m 2016N

Juliano, Átila

Análise de projetos de investimentos utilizando teoria dos jogos e teoria das opções reais. / . Juliano -- São Paulo, 2016.

35p.

Monografia (MBA em Engenharia Financeira) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. PECE - Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1.Finanças 2.Teoria dos jogos 3.Investimentos 4.Opções financeiras

I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. PECE - Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.

12829106

## RESUMO

O presente trabalho apresenta uma análise de viabilidade de investimento a ser realizado por uma fábrica do setor de autopeças utilizando teoria dos jogos e teoria das opções reais. Esta análise envolve simulação de cenários e comparações das possíveis oportunidades, visando obter a melhor decisão para o investimento. Mais especificamente, o estudo de caso trata de uma proposta de contrato feita a um fornecedor por um de seus clientes. Uma análise tradicional, utilizando o valor presente líquido, demonstrou que dentro de diversas alternativas de investimento disponíveis, investir na expansão da linha de produção atual é a estratégia mais indicada. A aplicação da teoria dos jogos demonstrou que o fornecedor deve fazer uma contraproposta do valor unitário contratual e a teoria das opções reais indicou que o fornecedor deve aproveitar a opção de esperar 1 ano para realizar o investimento na sua linha de produção.

**Palavras-Chave:** Finanças. Teoria dos jogos. Investimentos. Opções Financeiras.

## **ABSTRACT**

The present work presents an analysis of an investment project to be performed by an auto parts industry factory using game theory and the theory of real options. The study involves the simulation of scenarios and the analysis of the possible opportunities to obtain the best decision for investment. In the case study, a feasibility analysis of a contract that a customer proposes to a supplier is made, where a traditional analysis, using the net present value, shows that within several investment alternatives, investing in the current production line is the most indicated. Application of game theory demonstrates that the supplier must make a counterproposal of the contractual unit value of each product and the theory of real options indicates that the supplier should approve the option of waiting 1 year to do the investment in its line of production.

**Keywords:** Finance. Game theory. Investments. Finance Options.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>5</b>
1.1	<i>Objetivo do trabalho .....</i>	5
1.2	<i>Justificativa do tema.....</i>	5
1.3	<i>Estrutura da monografia .....</i>	6
<b>2</b>	<b>VIABILIDADE DE PROJETOS.....</b>	<b>7</b>
2.1	<i>Simulação de Monte Carlo .....</i>	9
2.2	<i>Teoria das opções reais.....</i>	11
2.3	<i>Teoria dos jogos .....</i>	12
2.3.1	Representação e modelo dos jogos.....	13
2.3.2	Representação de jogos simultâneos .....	13
2.3.3	Representação de jogos sequenciais .....	14
2.3.4	Equilíbrio de Nash .....	15
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>16</b>
3.1	<i>Qual a melhor alternativa de investimento?.....</i>	17
3.1.1	Resumo das alternativas de investimentos.....	18
3.1.2	Análise da demanda esperada.....	18
3.1.3	VPL de cada alternativa de investimento e a escolha.....	20
3.2	<i>Modelagem do jogo sequencial .....</i>	21
3.3	<i>A contraproposta .....</i>	28
3.4	<i>Análise da opção real de espera .....</i>	31
3.4.1	Análise qualitativa do Fluxo de Caixa Descontado para a opção de espera.....	31
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>33</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>35</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

Realizar estimativas adequadas para tomada de decisão e cumpri-las é tarefa muito difícil, já que os projetos possuem alto grau de incertezas e podem sofrer inúmeras mudanças no seu ciclo de vida. Existem também fatores externos que aumentam as incertezas, como o fato do mercado sofrer forte influência das políticas econômicas dos governos. Alguns projetos já nascem com seu orçamento predeterminado, o que pode diminuir a capacidade dos gestores em tomar ações contra riscos não previstos ou deixar oportunidades passarem despercebidas, que podem impactar a viabilidade.

As estimativas são o primeiro contato da alta gerência com os dados financeiros do projeto e servem como subsídios para tomada de decisões. À medida que o mercado se torna cada vez mais competitivo, aumenta a pressão das instituições em tomar decisões certas e de forma rápida, visando acompanhar os seus planos estratégicos e aumentar a sua competitividade.

Os projetos são estratégicos sob o ponto de vista do crescimento e longevidade das instituições e, portanto, o maior número de possibilidades deve ser levado em consideração, antes de inicia-los. Sendo assim, as análises de viabilidade de projeto devem ser feitas com muito cuidado e com a maior quantidade de informações possível, já que estas análises são pontos de partida para diversos questionamentos referente aos projetos, visando obter o melhor resultado.

### **1.1 Objetivo do trabalho**

O objetivo deste trabalho é mostrar como a teoria das opções reais e teoria dos jogos podem ser utilizadas como um complemento à análise tradicional de viabilidade de projetos, provendo informações importantes aos tomadores de decisão, visando um melhor resultado.

### **1.2 Justificativa do tema**

A análise de investimento e avaliação de quaisquer ativos exigem o emprego de métodos e critérios que devem ser seguidos para dar sustentação a determinadas tomadas de decisão empresarial. Para a alta gestão empresarial

tomar uma decisão de investimento, deve-se levar em consideração as diversas variáveis e suas particularidades, ou seja, quanto mais informações e dados os gestores possuírem de determinado investimento maiores as chances de ter uma decisão assertiva estrategicamente.

Algumas empresas podem ignorar determinados cenários, opções e possibilidades na hora de justificar um investimento, ou podem não ter uma visão clara das implicações de determinadas ações e decisões. Por esses motivos, esta monografia apresenta um estudo de caso que trata da tomada de decisão de investimento por uma indústria do setor de auto-peças para demonstrar a aplicação da teoria de opções reais e da teoria dos jogos como ferramentas que auxiliam a direcionar e a justificar decisões de investimentos em projetos estratégicos.

### **1.3 Estrutura da monografia**

Este trabalho está organizado em 4 capítulos. A seguir, é apresentada uma breve descrição do conteúdo de cada um deles.

No Capítulo 2 é abordada a importância e alguns cuidados nos estudos de viabilidade de projetos. Além disso, apresenta o referencial teórico necessário para um estudo deste tipo. Na sequência, o Capítulo 3 traz um estudo de caso relacionado à toma de decisão sobre um projeto de investimento, aplicando a simulação de Monte Carlo, a teoria dos jogos e a teoria de opções reais. Por fim, o Capítulo 4 apresenta as principais conclusões obtidas do estudo de caso.

## 2 VIABILIDADE DE PROJETOS

Segundo Brigham (2012), o valor de uma empresa, de modo geral, está ligado à sua capacidade de gerar fluxos de caixa no presente e no futuro.

Tal fato pode ser observado em qualquer ativo financeiro, como por exemplo ações, que possuem valor somente enquanto gerar fluxo de caixa. O tempo oportuno dos fluxos de caixa também é importante, já que, quanto mais cedo o capital é recebido, melhor. A ideia do valor pelo fluxo de caixa está relacionada ao fato dos investidores não quererem correr riscos, ou seja, em condições de igualdade entre ações de empresas distintas, a que apresentar fluxos de caixa relativamente garantidos apresenta maior interesse em relação a outra ação, cujos fluxos de caixa ofereçam mais riscos. Portanto, a geração de fluxo de caixa futuro das empresas é um indicador para o mercado e seus investidores.

Uma forma das empresas aumentarem o seu valor é através de três fatores: o aumento do volume previsto dos fluxos de caixa, a aceleração de receitas e a redução de riscos.

Os fluxos de caixa livres (FCL) são denominados assim, porque estão disponíveis ou livres para a distribuição a todos os investidores da empresa, inclusive credores e acionistas.

Os fluxos de caixa livres dependem de:

- Receita
- Custos e tributos operacionais
- Novos investimentos em capital operacional necessários

O FCL é o resultado das receitas deduzidas de custos operacionais, tributos e novos investimentos em capital operacional.

Todos os gerentes e administradores, que possuem poder de tomar decisões estratégicas dentro das corporações, impactam o resultado dos fluxos de caixa livres. Por exemplo, o gerente de marketing aumenta as vendas e as receitas, o gerente de recursos humanos aumenta a produtividade com os treinamentos e retenções de funcionários, os gerentes de produção aumentam a margem de lucro, reduzindo estoque e melhorando a produção, os gerentes de projetos garante o sucesso do lançamento de um novo produto.



Uma vez que os projetos e decisões de investimentos, em determinados empreendimentos, estão fortemente relacionadas as decisões estratégicas das empresas, o resultado de cada esforço deve propiciar o maior benefício possível, visando a perpetuidade da empresa e geração de valor da empresa. Diante da relação estratégica e como cada projeto necessita de recursos financeiros, que podem ter origem de um financiamento ou dos acionistas e o aporte destas quantias financeiras interferem na disponibilidade de caixa da empresa e no balanço patrimonial, uma vez que, ao consolidar a origem e aplicação de recursos, estes provocam flutuações na composição de ativos e passivos. Portanto, entender estes impactos é essencial para que os tomadores de decisão, gerentes, diretores e etc, enxerguem o caixa futuro pós projeto, ou seja, a projeção de caixa, balanço patrimonial e sua relação com o resultado corporativo. Em grande parte dos estudos de viabilidade, os impactos dos novos projetos na estrutura financeira das entidades são esquecidos. As estratégias de implantação de novos produtos ou serviços, que não levam em conta esses efeitos, serão incompletas e infundadas. Após a implementação do projeto, este irá provocar o aumento de contas a pagar. Tal fato pode comprometer as disponibilidades de caixa. Por esse motivo, a modelagem do projeto deve considerar os efeitos sobre a liquidez, endividamento, rentabilidade e outros índices.

O estudo de viabilidade de um projeto ajuda a entregar esta visão futura, considerando os cenários possíveis de inúmeras variáveis que podem afetar o sucesso de sua implantação, como por exemplo as possíveis receitas, previsões de demandas, valores de câmbio, situação econômica atual, etc.

As condições adversas da economia e política influenciam, em muito, o custo do dinheiro. Este fato advém da política do Banco Central, no déficit ou superávit orçamentários do governo federal, no nível das atividades econômicas e nos fatores internacionais, como algumas das condições que afetam o custo do dinheiro.

Os gerentes e a equipe do projeto devem definir o modelo do negócio e planejar a implementação da operação, de forma eficiente e viável do ponto de vista econômico e financeiro. Deve-se, assim, elaborar o orçamento de forma eficiente, sendo necessário avaliá-lo e executá-lo, levando em conta todas as suas implicações.

As variações no caixa, captadas por meio do tratamento de dados do Balanço Patrimonial e Demonstrações de Resultados, possuem três origens, o fluxo de caixa

das atividades operacionais, referentes as receitas e gastos contra receitas registrados no Demonstrativo de Resultados da empresa ou do projeto, Fluxo de caixa das atividades de investimento, referente aos custos e gastos para implantação do investimento e o Fluxo de caixa das atividades de financiamento, que é referente à variação de caixa oriunda do resgate de dívidas, venda de obrigações, pagamentos de vendas de títulos, dividendos.

## **2.1 Simulação de Monte Carlo**

A simulação de Monte Carlo é uma abordagem baseada em conceitos estatísticos para tratar incertezas e ao contrário de um método onde é possível determinar os resultados, exatamente, a partir das condições iniciais, baseando-se em discretizações numéricas das variáveis das funções que descrevem o processo em análise. A técnica de Monte Carlo tem como princípio a simulação estocástica<sup>1</sup>, utilizando variáveis aleatórias como entrada e através de algoritmos computacionais, baseados nas leis da probabilidade e estatística, as saídas são geradas e devem ser interpretadas como estimativas estatísticas das características reais do processo em análise.

Para realizar esta simulação deve-se produzir os dados através de um gerador de números aleatórios e de uma distribuição de probabilidade conveniente à variável de incerteza, ou seja, para cada variável que corresponde a uma incerteza, como, por exemplo à demanda, preço de venda e custo variável são atribuídas distribuições de probabilidade. Baseado nestas distribuições os valores aleatórios são gerados à variável. Uma vez gerado os valores aleatórios de cada variável, pode-se alimentar um modelo matemático. Repetindo este processo inúmeras vezes é possível elaborar o histograma dos resultados finais do modelo matemático e realizar análise e interpretações apropriadas.

---

<sup>1</sup> Procedimentos que envolvem a geração de números aleatórios com o objetivo de explorar o espaço de incerteza ou campo de possibilidades de um dado fenômeno físico ou qualquer outro tipo de variável de estudo cujo comportamento possa ser quantificado matematicamente.

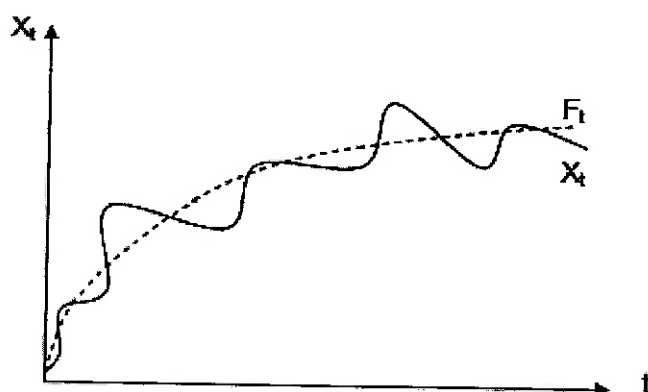
Figura 1 – Fluxograma de aplicação do Método de Monte Carlo



Fonte: Autor.

Uma das discussões é a capacidade do método de Monte Carlo em aproximar as distribuições verdadeiras, com as distribuições geradas por simulações. Em tese, a lei forte dos grandes números<sup>2</sup> nos garante essa assertiva. Rubenstein e Kroese (2008), apresentam o comportamento teórico de uma função de probabilidade gerada aleatoriamente  $X(t)$ , em relação à verdadeira função de probabilidade  $F(t)$ , ao longo do tempo.

Figura 2 – Aproximação das distribuições de probabilidade verdadeira e simulada com o tempo



Fonte: Adaptado de Rubenstein e Kroese (2008).

<sup>2</sup> Os resultados da realização da mesma experiência repetidas vezes, a sua média amostral converge quase certamente para o seu valor esperado à medida que mais tentativas se sucederem.

Segundo Brigham (2012), a simulação de Monte Carlo une sensibilidade, distribuição de probabilidade e correlações entre as variáveis de entrada. Esta simulação é mais complexa que a análise de cenários e, portanto, recomenda-se a utilização de um software auxiliar como, por exemplo, @RISK da Palisade, Crystal Ball 2000® da Oracle e Excel® da Microsoft.

No estudo de caso a simulação de Monte Carlo foi utilizada para calcular a demanda dos próximos anos. A simulação foi aplicada para encontrar a taxa de crescimento apropriada para cada ano.

## **2.2 Teoria das opções reais**

A teoria de opções reais será utilizada no presente trabalho para avaliar a opção que uma empresa possui de investir imediatamente em determinado projeto ou de esperar 1 ano para realizar o investimento.

Segundo Duarte (2013), as técnicas tradicionais de avaliação de projetos, como a taxa interna de retorno (TIR), valor presente líquido (VPL) e etc, foram desenvolvidas para um ambiente de certeza. Para utilização do método tradicional é conhecido o montante a ser investido e recebido, o instante exato de cada investimento e recebimento e o custo do capital. Importante atentar que a aplicação deste método em ambientes de incertezas deve sofrer adaptações, ou pode levar a resultados incorretos.

A teoria das opções reais (TOR), segundo Duarte (2013), é recomendada quando oportunidades estratégicas estão presentes em um projeto como:

- Incertezas antes da implantação do projeto, que demandem novas análises, e que possam levar ao adiamento ou até mesmo o abandono do projeto;
- Revisões por parte dos gestores dos projetos já em operação, como expansão, retração, ou até mesmo o abandono.

Os conceitos fundamentais relativos ao apreçamento de opções reais diferem muito daqueles utilizados para o apreçamento de opções financeiras como descrito em textos clássicos sobre derivativos financeiros (DUFFIE, 1992). Uma das

diferenças entre opções reais e financeiras é o ativo-objeto<sup>3</sup>, que nas opções reais, grande parte das vezes, não é comercializado no mercado e o valor presente líquido do projeto, sem considerar as flexibilidades gerenciais, é o próprio ativo-objeto. Isso implica em uma dificuldade para obter a volatilidade do ativo-objeto, fator importante para a precificação da opção.

As opções consistem em um direito contingente, ou seja, seu valor depende de outro ativo, chamado de ativo-objeto. Um projeto é visto como um conjunto de opções reais, que tem como ativo-objeto o próprio projeto, sendo estas análogas às opções financeiras.

Segundo Minardi (2004), uma opção também pode ser definida como sendo um contrato entre duas partes, que dá o direito a seu comprador, mas não a obrigação, de comercializar uma quantidade fixa de determinado ativo a um preço estabelecido em, ou antes, de determinada data.

Tipos básicos de opções reais:

- Opção de espera: com esta opção o tomador de decisão pode exercer o direito de esperar um determinado tempo para iniciar um investimento;
- Opção de abandono: com esta opção o tomador de decisão pode exercer o direito de abandonar ou parar um projeto que está em andamento;
- Opção de expansão: com esta opção o tomador de decisão pode exercer o direito de ampliar um determinado projeto que já pode estar em andamento.

### 2.3 Teoria dos jogos

No estudo de caso, apresentado no final deste trabalho, a teoria dos jogos será utilizada para modelar um jogo sequencial com dois jogadores, fornecedor e cliente, que irá auxiliar a responder a seguinte questão: O fornecedor deve aceitar o valor inicial proposto pelo cliente? Existe algum valor, superior ao proposto inicialmente, que o cliente está disposto a aceitar?

Segundo Fiani (2015), um jogo nada mais é do que uma representação formal que permite a análise das situações em que agentes interagem entre si, agindo racionalmente. Resumidamente a teoria dos jogos auxilia no desenvolvimento da capacidade de raciocinar estrategicamente, explorando as possibilidades de interação dos agentes, estas possibilidades nem sempre correspondem a intuição.

<sup>3</sup> O preço da opção no mercado varia de acordo com este ativo no mercado de bolsa (ex: ação)

Um agente é qualquer indivíduo ou grupo de indivíduos, com capacidade de decisão para afetar os demais. Em teoria dos jogos um agente é denominado jogador.

Agente racional significa supor que os jogadores empregam os meios mais adequados aos objetivos que almejam, sejam quais forem esses objetivos. As interações significam que as ações de cada jogador, consideradas individualmente, afetam os demais.

Os jogos podem ser:

- Jogos sequenciais: são aqueles em que os jogadores realizam seus movimentos em ordem predeterminada;
- Jogos simultâneos: são aqueles em que jogadores não conhecem as decisões dos demais no momento em que tomam as suas próprias decisões.

### **2.3.1 Representação e modelo dos jogos**

Jogos são modelos que tratam de interações estratégicas e que interações estratégicas, por sua vez, são o resultado do reconhecimento por parte de cada um dos agentes (jogadores), de que suas ações afetam os demais e vice-versa (FIANI, 2015).

Para modelar um jogo tipicamente supõem-se um número finito de jogadores, que participam do processo de interação estratégica a ser modelado. Também assume-se que o objetivo de cada jogador é obter o melhor resultado possível do processo de interação estratégica, dentro de suas preferências.

Nos jogos, cada jogador possui um certo número de ações<sup>4</sup>. Conhecer o conjunto de ações de um jogador é um passo fundamental na análise do processo de interação estratégica a ser modelado. Nos modelos deve-se levar em consideração o modo como as ações se desenvolvem no jogo, ou seja, deve-se identificar se os jogadores tomam suas decisões simultaneamente, ou sucessivamente.

### **2.3.2 Representação de jogos simultâneos**

---

<sup>4</sup> Ações são escolhas que um jogador pode fazer em dado momento do jogo.

A forma mais simples de apresentar um jogo simultâneo é por meio da forma estratégica ou normal.

Caso sejam considerados apenas dois jogadores a representação em forma estratégica pode ser feita por uma tabela em que as ações (estratégias puras) de um jogador estão nas linhas e as ações disponíveis ao outro nas colunas. Nesta tabela também estão representadas as recompensas ou payoffs de cada jogador por suas escolhas e pelas dos demais jogadores.

Figura 3 – Representação normal genérica (a) e exemplo (b)

a)

JOGADOR 2 (J2)	JOGADOR 1 (J1)	
	ESTRATÉGIA 1 DO J1	ESTRATÉGIA 2 DO J1
ESTRATÉGIA 1 DO J2	PAYOFF DO J1 , PAYOFF DO J2	PAYOFF DO J1 , PAYOFF DO J2
ESTRATÉGIA 2 DO J2	PAYOFF DO J1 , PAYOFF DO J2	PAYOFF DO J1 , PAYOFF DO J2

b)

BANCO A	BANCO B	
	Renova	Não renova
Renova	4 , 4	1 , 5
Não Renova	5 , 1	3 , 3

Caso Banco A decida Não Renovar e Banco B Decida Renovar o payoff do Banco A será de 5

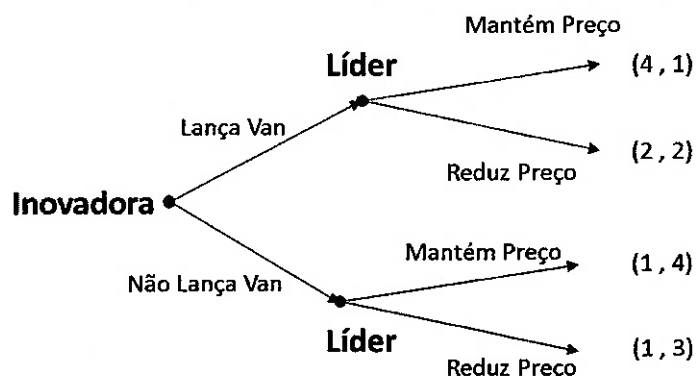
Fonte: Autor

Portanto, a forma estratégica fornece todas as combinações possíveis de ações dos jogadores e seus resultados. Além disso, informa quem faz o quê e qual o resultado, em função da escolha do jogador e dos outros.

### 2.3.3 Representação de jogos sequenciais

Um modelo adequado para representar os jogos sequenciais, e seus desdobramentos sucessivos nas interações estratégicas, é a forma estendida.

Figura 4 – Exemplo de jogo sequencial na forma estendida



Fonte: Fiani (2015, p. 51).

A forma estendida utiliza uma árvore para descrever um jogo sequencial, composta por nós e ramos, permitindo representar processos de interações estratégicas que se desenrolam em etapas sucessivas e ao final é feita a indicação dos payoffs de cada jogador.

### 2.3.4 Equilíbrio de Nash

Diz-se que uma combinação de estratégias constitui-se um equilíbrio de Nash quando cada estratégia é a melhor resposta possível às estratégias dos demais jogadores, e isso é verdade para todos os jogadores.

O conceito de equilíbrio de Nash é de que cada jogador está adotando a melhor resposta ao que os demais jogadores estão fazendo, levando em consideração que os outros estão tomando as melhores decisões, alinhado com a estratégia de cada um.

Uma forma fácil de identificar o equilíbrio de Nash em um jogo na forma normal é indicar, dada a estratégia adotada pelo outro jogador, qual seria a melhor resposta do jogador em questão. Isso deve ser repetido para os outros jogadores, até que se consiga identificar uma combinação de estratégias, as quais são todas melhores respostas para os jogadores.

Para achar o equilíbrio de Nash no do jogo da figura 4b, basta identificarmos qual a melhor resposta do Banco A para uma ação do Banco B e vice-versa, exemplo:

- A melhor resposta do Banco A, caso o Banco B decida não renovar é também não renovar, que proporciona um payoff de 3 para o Banco A.



- A melhor resposta do Banco A, caso o Banco B decida renovar é não renovar, que proporciona um payoff de 5 para o Banco A.
- A melhor resposta do Banco B, caso o Banco A decida não renovar é também não renovar, que proporciona um payoff de 3 para o Banco B.
- A melhor resposta do Banco B, caso o Banco A decida renovar é não renovar, que proporciona um payoff de 5 para o Banco B

Figura 5 – Identificação do equilíbrio de Nash

BANCO A	BANCO B	
	Renova	Não renova
Renova	4, 4	1, 5
Não Renova	5, 1	3, 3

EQUILÍBRIO DE NASH

Fonte: Autor

### 3 ESTUDO DE CASO

Será estudada a proposta feita de um contrato a um fabricante do ramo automobilístico. Esta proposta foi feita por um cliente e se trata do fornecimento de um novo produto, que é uma nova tendência no mercado.

A estrutura atual do fabricante não está preparada para as características do novo produto, sendo necessário realizar um investimento em novos maquinários, caso aceite este contrato. O cliente representa 30% da receita do fabricante e é de conhecimento do fornecedor que este contrato não foi ofertado a outros de seus principais concorrentes, devido ao fato que estes possuem infraestruturas menores, representando um risco no fornecimento dos novos produtos, ou seja, o cliente ficaria exposto à capacidade dos outros fornecedores não honrarem as obrigações contratuais. Sabe-se também que os investimentos que os concorrentes demandariam para atender o contrato seriam superiores àqueles do fabricante.

O cliente propõe um contrato para que sejam fornecidas 297.000 unidades do novo produto durante os próximos 5 anos, a um preço unitário fixo de R\$150,00, totalizando R\$44.550.000,00 em receita. Além disso, pelos prazos estipulados entre as partes, o fornecedor poderá esperar 1 ano para iniciar o investimento e portanto, deve decidir se espera ou aceita o contrato de imediato.

O objetivo deste estudo de caso é analisar e explorar as principais opções e cenários que o fornecedor possui, usando a teoria das opções reais, teoria dos

jogos, técnicas de simulações e otimização, para decidir se deve aceitar ou não as condições do contrato e verificar qual deve ser a melhor estratégia a ser adotada diante das informações disponíveis.

Ao longo as seguintes questões serão respondidas: Qual a melhor alternativa de investimento? O fornecedor deve ou não aceitar este contrato? O fornecedor deve aceitar o valor proposto de R\$150,00/unidade ou fazer uma contraproposta? Caso aceite o contrato, o fornecedor deve investir imediatamente no projeto ou usar o tempo de espera de 1 ano?

### 3.1 Qual a melhor alternativa de investimento?

Para atender a esta nova demanda, o fornecedor deve optar por realizar um dos seguintes investimentos:

- Investir em uma nova linha de produção;
- Ampliar a sua atual linha de produção;
- Importar os produtos e repassá-los ao cliente.

Como resposta a questão de qual alternativa de investimento o fornecedor deve escolher, propõe-se analisar e modelar o valor presente líquido (VPL) de cada alternativa e seu impacto nas demonstrações de resultados (DRE), utilizando o formato de fluxo de caixa, conforme exemplificado abaixo:

Figura 6 – Modelo demonstrações de resultados (DRE)

Componente do fluxo de caixa	Valor (R\$ milhões)				
	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4
<b>RECEITA TOTAL</b>					
(-) IMPOSTOS/TRIBUTOS SOBRE A RECEITA					
<b>(=) RECEITA LÍQUIDA</b>					
(-) CUSTOS VARIÁVEIS TOTAIS					
<b>(=) MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO TOTAL</b>					
(-) CUSTOS FIXOS TOTAIS					
<b>(=) LUCROS ANTES JUROS, DEPREC., AMORT e IR</b>					
<b>(-) JUROS</b>					
<b>(=) LUCROS ANTES DE DEPREC., AMORT e IR</b>					
<b>(-) DEPRECIAÇÃO</b>					
(-) AMORTIZAÇÃO					
<b>(=) LUCRO ANTES DO IR</b>					
(-) IMPOSTO DE RENDA (34%)					
<b>(=) LUCRO LÍQUIDO</b>					
(+) DEPRECIAÇÃO					
<b>(+) Empréstimo de terceiros</b>					
(-) Investimento Inicial					
<b>(=) Fluxo de caixa livre (FCL)</b>					

Fonte:

Autor

Como pode-se observar, a receita dos anos futuros é de extrema importância para montar os fluxos de caixa do projeto de investimento. Importante lembrar que a receita está fortemente relacionada à demanda futura do fornecedor, sendo assim, uma visão da demanda futura é uma variável que deve ter atenção.

Neste estudo de caso, a demanda futura foi estimada através da simulação de Monte Carlo da taxa de crescimento anual, que está detalhada na seção 3.1.2.

### **3.1.1 Resumo das alternativas de investimentos**

O investimento na nova linha de produção exige a compra de maquinários importados, o que representa uma desvantagem no atual cenário do câmbio, porém, em contrapartida, uma nova linha de produção aumentará a capacidade produtiva de sua fábrica, o que pode ser vantajoso já que o novo produto é uma tendência de mercado e espera-se um aumento da demanda deste produto para os próximos anos. Além disso, o contrato representa uma forma de financiar este investimento em maquinário, trazendo uma importante vantagem competitiva frente aos concorrentes do fornecedor, que não possuem capacidade técnica e produtiva para atender à crescente demanda pelo novo produto.

O retrofit (adaptação da linha atual para produzir o novo produto) exige um investimento inicial menor do que aquele necessário para uma nova linha de produção, porém não oferece a vantagem na capacidade de produção como a proporcionada pelo investimento em uma nova linha de produção.

A importação do produto principal não exige um investimento em maquinário produtivo, o que pode representar uma vantagem, porém, as incertezas do cenário econômico atual, frente ao câmbio e impostos, fazem os custos desta alternativa serem potencialmente elevados.

### **3.1.2 Análise da demanda esperada**

A demanda futura esperada é uma das variáveis que mais influenciam a receita e conseqüentemente a decisão a ser tomada pelo fornecedor. Além disso, a demanda esperada é importante para prever a saturação de sua linha de produção atual, ou seja, verificar se a linha possui capacidade de absorver a produção

esperada para os próximos anos. Por este motivo, foi realizada uma análise detalhada da série histórica da demanda, afim de obter as taxas históricas de crescimento ou queda da demanda.

Baseado nestes dados históricos foi possível extrair a taxa de crescimento de cada ano e com o auxílio do software Crystal Ball5®, observou-se que as taxas de crescimento da demanda podem ser modeladas por uma variável aleatória com função densidade de probabilidade Beta<sup>6</sup> com parâmetros  $\alpha=4,9$ ,  $\beta=3,88$ ,  $a = -84\%$ ,  $b = 74\%$ . Com estas informações é possível realizar uma simulação de Monte Carlo para obter as demandas esperadas e consequentemente o volume de produção futuro através da fórmula:

$$D_t = D_{t-1} \cdot (1 + t_d),$$

Onde  $D_t$  é a demanda do ano  $t$ , que se deseja estimar,  $t_d$  é a taxa de crescimento da demanda do ano  $t$  (obtida através da simulação de Monte Carlo) e  $D_{t-1}$  é a demanda do ano anterior.

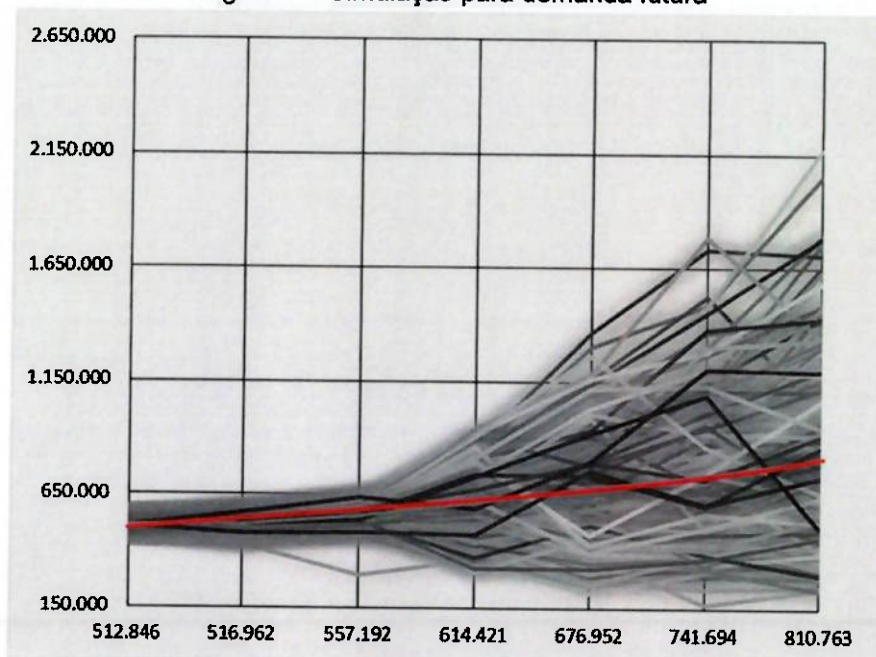
Atualmente, a linha de produção possui capacidade para 2.469 peças/dia e 683.794 peças/ano. Na atual situação econômica a linha opera com 75% de sua capacidade, ou seja, produz 512.845 peças/ano (demanda atual).

Realizou-se a simulação de 10.000 realizações de taxas de crescimento para cada ano. Com a média da taxa de crescimento anual e calculando a demanda anual é possível observar que não é esperado um aumento muito elevado na demanda que impacte de forma significativa a atual capacidade produtiva do fabricante. Sendo assim, pode-se considerar que a linha de produção atual consegue absorver este crescimento.

<sup>5</sup> O Oracle Crystal Ball é uma aplicação para o Excel que serve para modelagem de previsões, simulações e otimizações.

<sup>6</sup> A expressão função densidade de probabilidade beta é dada por:  $F(X) = \frac{\Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} \cdot x^{(\alpha-1)} \cdot (1-x)^{\beta-1}$

Figura 7 – Simulação para demanda futura



Fonte: Autor

Tabela 1 – Demanda futura esperada através simulação de Monte Carlo

DEMANDA PREVISTA					
ATUAL	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5
512.846	517.069	557.440	615.958	678.547	742.588

Fonte: Autor

### 3.1.3 VPL de cada alternativa de investimento e a escolha

De posse do volume anual do contrato, das expectativas de crescimento das demandas pelos novos produtos e das informações sobre os custos, é possível realizar uma previsão do fluxo de caixa descontado ao custo médio ponderado do capital (CMPC), obtendo-se assim o valor presente líquido (VPL) de cada alternativa de investimento.

A tabela abaixo permite fazer um comparativo entre os VPL das alternativas:

Tabela 2 – VPL de cada alternativa para preço de R\$150,00/Unidade

ALTERNATIVAS	RETORNO
NOVA LINHA	-R\$ 3.661.886,34
RETOFIT LINHA ATUAL	R\$ 1.021.845,23
TERCEIRIZAÇÃO	-R\$ 9.948.311,71

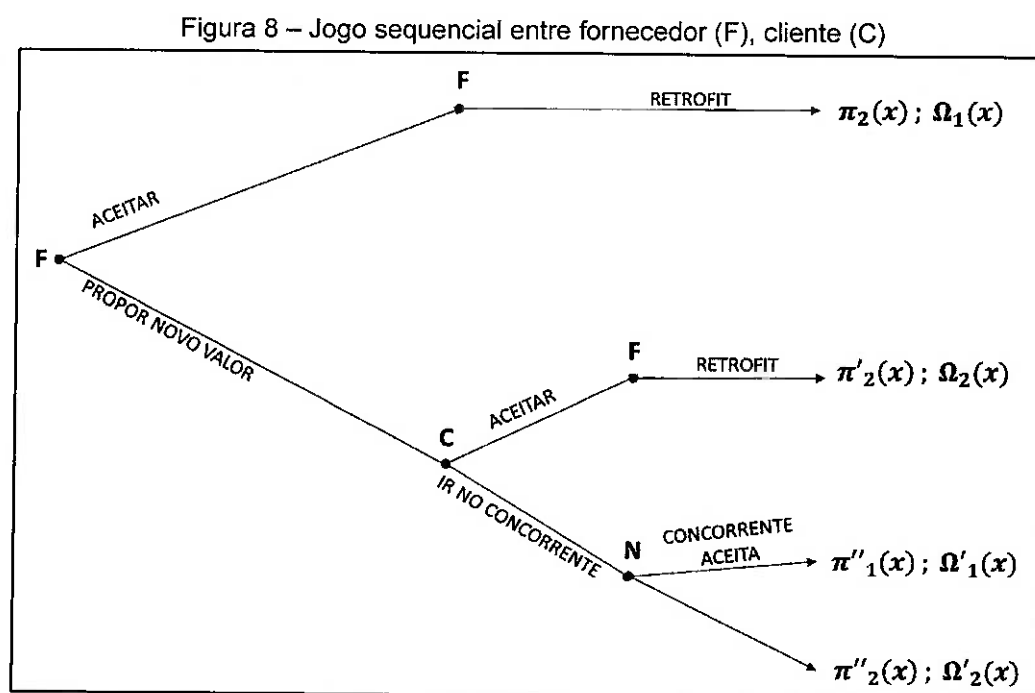
Fonte: Autor

Fica evidente que a opção de investir no retrofit da linha de produção atual é a melhor opção por apresentar um VPL positivo e maior que as outras alternativas. O alto investimento inicial, os custos elevados para aquisição de máquinas importadas e as demandas baixas elevando o custo de operação da linha que ficará boa parte do tempo ociosa, fazem com que o preço contratual de R\$150,00/unidade torne a alternativa de aquisição de uma nova linha de produção inviável. Já na alternativa de terceirização, os custos com câmbio e impostos inviabilizam sua escolha.

### 3.2 Modelagem do jogo sequencial

Uma das dúvidas levantadas pelo fornecedor é se ele deve aceitar o preço unitário do contrato proposto pelo cliente ou se faz uma contraproposta. A teoria dos jogos será utilizada para responder esta questão, modelando um jogo sequencial entre fornecedor e cliente, sendo o concorrente considerado como um risco, de modo a representar diferentes estados da natureza (contextos em que o processo de decisão se dá).

Para a tomada de decisão do fornecedor foi construído o diagrama abaixo para representar o jogo entre fornecedor e cliente:



Fonte: Autor.

No jogo proposto, o fabricante (F) deve decidir se aceita o contrato na condição de R\$150,00/unidade ou se propõe um novo valor para o preço/unidade. Caso o fabricante aceite o contrato, este deverá investir no retrofit da linha, porém o fornecedor pode propor um novo valor, ou seja, ele pode fazer um contraproposta a oferta inicial. Ao fazer esta contraproposta o cliente (C) deve decidir se irá aceitá-la ou recusá-la. Na visão do fornecedor, para prever o comportamento de seu cliente, será modelado a probabilidade do cliente aceitar a contraproposta, baseado nas margens do cliente (C), esta modelagem é detalhada a frente. Se o cliente aceitar a contraproposta o fornecedor (F) investe no retrofit. Entretanto, uma vez recusada a contraproposta, o cliente (C) irá consultar o concorrente (N) do fabricante para propor o novo contrato. Feita a proposta ao concorrente (N), este último como é modelado como um estado da natureza, que possui uma probabilidade associada a aceitar a proposta ou não, em função do valor unitário contratual. Sob a ótica do fornecedor (F), se o concorrente (N) aceitar a proposta, existe a possibilidade do cliente não renovar os contratos do fornecedor (F) que estão em andamento, repassando-os à concorrência, e assim diminuindo a participação do fabricante no mercado. Se o concorrente não aceitar o contrato, o cliente (C), terá um prejuízo associado a seu custo de oportunidade, que são as vendas dos novos produtos. Em cada nó final é esperado um retorno (payoffs) para o fornecedor  $\pi(x)$  e para o cliente  $\Omega(x)$ .

A seguir é descrita a modelagem dos payoffs de cada jogador, fornecedor e cliente, e os estados da natureza.

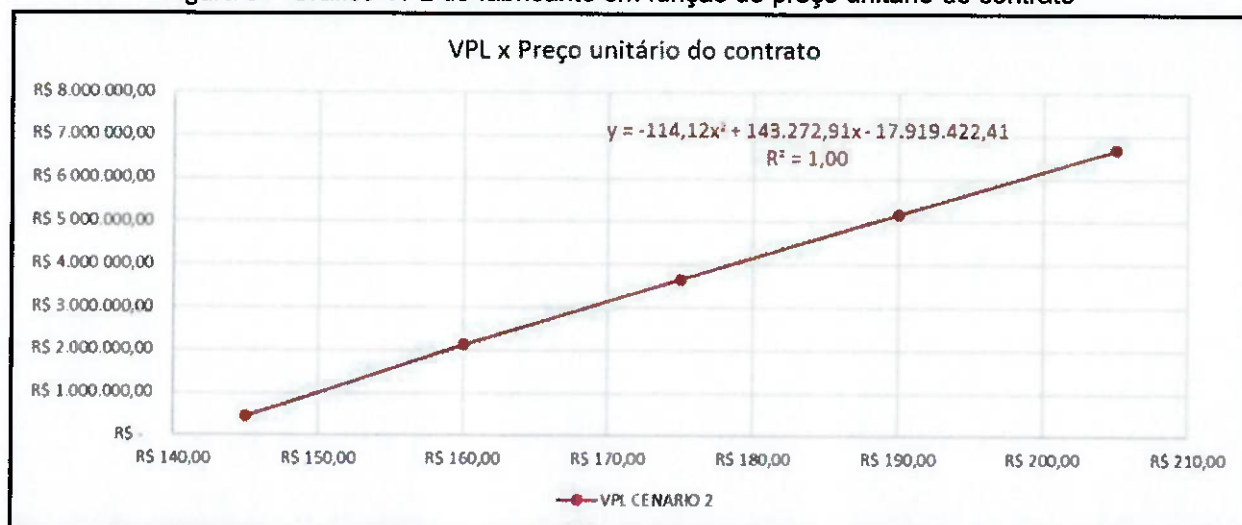
Para chegar à expressão do payoff do fabricante em função do preço contratual, foi traçada a curva com a variação de cada fluxo de caixa descontando em função do preço, obtendo-se a tabela e curva abaixo.

Tabela 3 – VPL do fabricante em função do preço unitário do contrato

Preço Contrato	VPL DO FABRICANTE
R\$ 145,00	R\$ 438.788,95
R\$ 160,00	R\$ 2.120.186,43
R\$ 175,00	R\$ 3.648.335,44
R\$ 190,00	R\$ 5.158.825,18
R\$ 205,00	R\$ 6.669.314,91

Fonte: Autor.

Figura 9 – Gráfico VPL do fabricante em função do preço unitário do contrato



Fonte: Autor.

Através de uma análise de regressão foi possível determinar a expressão que descreve a curva do retorno financeiro em relação ao preço unitário contratual de venda, obtendo-se assim a equação do payoff do fornecedor:

$$\pi(x) = -114,12x^2 + 143.272,91x - 17.919.422,41$$

Para definir a expressão do payoff do cliente em função do preço unitário contratual, foi realizada uma estimativa do DRE, tendo a informação do valor final de venda do produto, impostos, a margem de contribuição que o cliente utiliza e uma estimativa do investimento inicial que o cliente deverá fazer para disponibilizar estes produtos para o cliente final. Desta forma, chegou-se ao fluxo de caixa descontado e, variando-se o preço unitário contratual foi possível traçar a curva do valor presente líquido de cada fluxo de caixa descontando em função do preço, obtendo-se a tabela e curva abaixo.

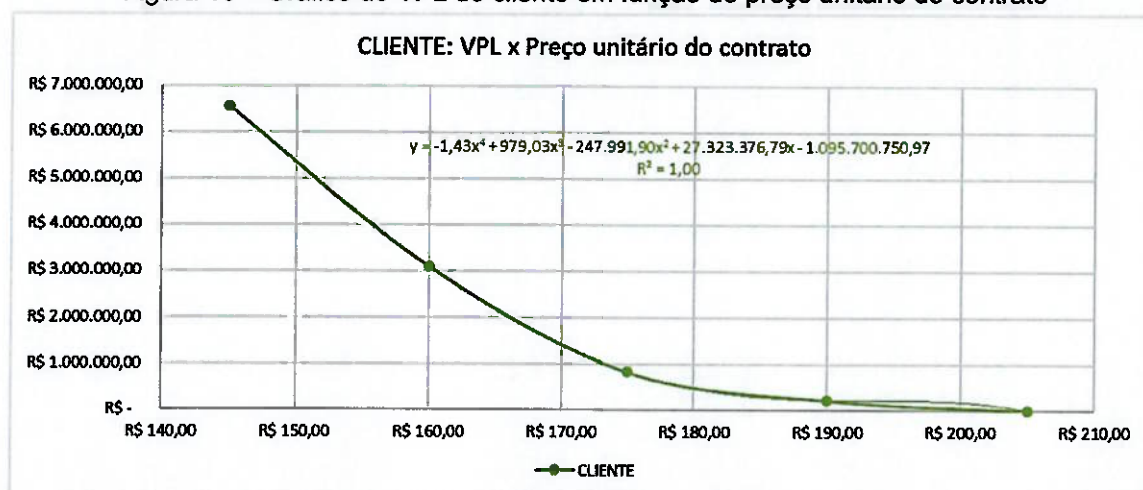
Tabela 4 – Preço unitário x VPL para o cliente

Preço Contrato	VPL DO CLIENTE
R\$ 145,00	R\$ 6.554.419,74
R\$ 160,00	R\$ 3.106.114,12
R\$ 175,00	R\$ 832.884,89
R\$ 190,00	R\$ 214.918,29
R\$ 205,00	R\$ -

Fonte: Autor.



Figura 10 – Gráfico do VPL do cliente em função do preço unitário do contrato



Fonte: Autor.

Através de uma análise de regressão foi possível determinar a expressão que descreve a curva do valor presente líquido em relação ao preço contratual de venda, obtendo assim a equação do payoff do fornecedor:

$$\Omega(x) = -1,43x^4 + 979,03x^3 - 247.991,90x^2 + 27.323.376,79x - 1.095.700,750,97$$

Existem outras variáveis que influenciam o jogo, como a probabilidade do cliente aceitar um valor proposto, ou seja, esta variável mostra a probabilidade do cliente aceitar uma determinada contraproposta do preço unitário de venda feita pelo fornecedor. Outra variável a influenciar o jogo é a probabilidade do concorrente aceitar determinado preço unitário, ou seja, se o cliente recusar uma determinada contraproposta do fornecedor e ofertar o contrato ao concorrente de seu fornecedor, qual será a chance de que este concorrente aceite o contrato dado o preço unitário de venda.

A probabilidade do cliente aceitar um determinado valor proposto é descrita em função do quanto o cliente possui de margem para variar seus preços no mercado (margens altas dão maior flexibilidade para alterar o preço de venda e consequentemente maior probabilidade de venda). Como o fabricante possui uma visão da margem mínima que seu cliente trabalha nos produtos, a equipe de marketing do fabricante fez uma análise quantitativa sobre a capacidade do cliente vender seus produtos em função do preço unitário.

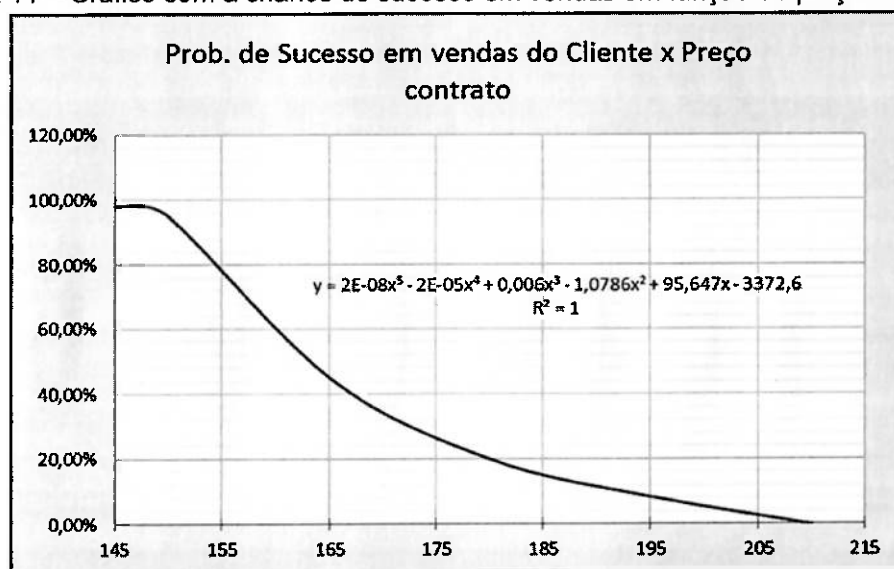
Tabela 5 – Estimativa da probabilidade do cliente vender/aceitar novos valores

Preço do contrato	Margem	Prob. Venda
R\$ 145,00	80,00%	98,00%
R\$ 150,00	73,00%	95,00%
R\$ 165,00	48,00%	45,00%
R\$ 180,00	45,00%	20,00%
R\$ 195,00	33,00%	8,50%
R\$ 210,00	0,00%	0,00%

Fonte: Autor.

Com a Tabela 5, é possível traçar a curva com as estimativas da probabilidade do cliente ter sucesso nas vendas, apenas alterando o preço final de seus produtos.

Figura 11 – Gráfico com a chance de sucesso em vendas em função do preço contratado



Fonte: Autor.

Através da regressão da curva da Figura 12 obteve-se a expressão da probabilidade do cliente aceitar determinado valor, levando em consideração apenas o sucesso de vendas.

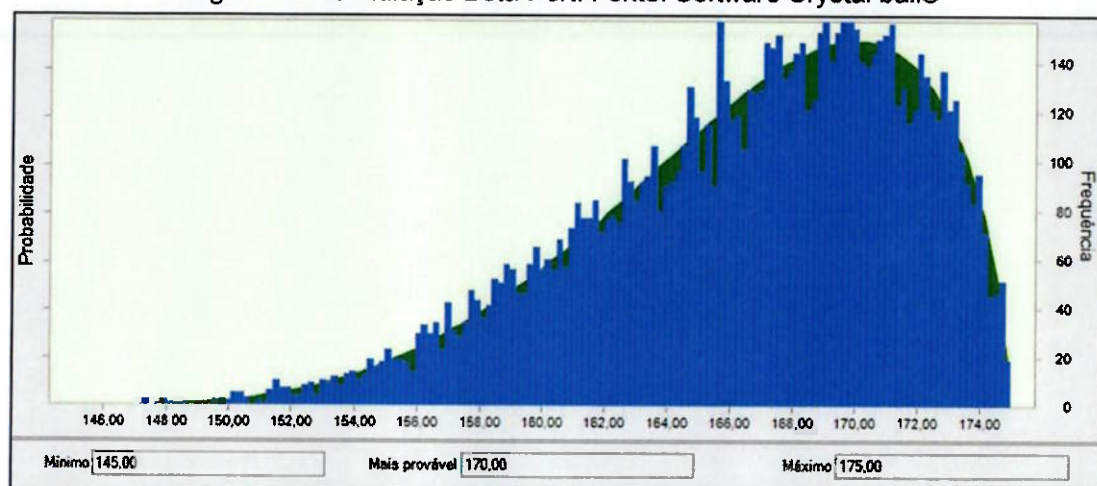
$$\varphi(x) = 2.10^{-8}.x^5 - 2.10^{-5}.x^4 + 0,006x^3 - 1,0786x^2 + 95,647x - 3372,6.$$

Baseado na estrutura e nas informações conhecidas do principal concorrente, chegou-se à conclusão que o investimento que ele deve fazer para atender o pleno fornecimento e cumprimento do contrato é superior àquele necessário para o

fabricante. Estima-se que para o concorrente viabilizar este alto investimento o preço unitário contratual deva ser de R\$170,00.

Com base nestas informações estimou-se a probabilidade do concorrente aceitar a proposta feita pelo cliente, através da distribuição Beta-Pert. A escolha deste tipo de distribuição é devido ao fato de ser uma derivada da distribuição Beta e geralmente é usada na análise de riscos dos projetos para atribuir probabilidades para durações e custos das tarefas, utilizando um valor mínimo, um valor máximo e o valor mais provável. Às vezes, também é usada como uma alternativa "mais suave" para a distribuição triangular e trata-se de uma distribuição de probabilidade contínua.

Figura 12 – Simulação Beta-Pert. Fonte: Software Crystal ball®



Fonte: Autor.

Figura 13 – Teste de aderência para distribuição beta. Fonte: Software Cristal Ball®



Fonte: Autor.

Foi realizada uma simulação de Monte Carlo utilizando a distribuição Beta-Pert com os parâmetros Mín=145 (valor mínimo a ser considerado como oferta), Mais provável=170 (valor mais provável do concorrente aceitar) e Máximo=175 (valor máximo que o cliente pode oferecer). Com o resultado desta simulação foi feito um teste de aderência e chegou-se à conclusão que a distribuição obtida se aproxima de uma distribuição Beta com a seguinte expressão, que foi utilizada para modelar a variável da probabilidade do concorrente aceitar determinado preço de venda unitário:

$$P(\text{Concorrente Aceitar} \mid \text{Preço de venda}) = \psi(x) = \frac{\Gamma(5,72)}{\Gamma(4,07)\Gamma(1,64)} x^{(144,67)} (1-x)^{173,98}$$

Resolvendo a equação  $\psi(x)$  para  $x=150$ , obtemos, a probabilidade do concorrente aceitar o valor de R\$150,00 que resulta em 0,12%, ou seja, a probabilidade do concorrente aceitar um contrato com valor unitário de R\$150,00 é de 0,12%. Utilizando a expressão  $\psi(x)$  é possível verificar que um valor de venda unitário, que apresenta uma probabilidade de aproximadamente 80% de ser aceito pelo concorrente é de R\$171. Essa informação é importante, já que demonstra o quanto o concorrente está propenso a aceitar um determinado valor.

Para calcular os valores acima utilizou-se a função DIST.BETA do Excel, que retorna a distribuição Beta acumulada.

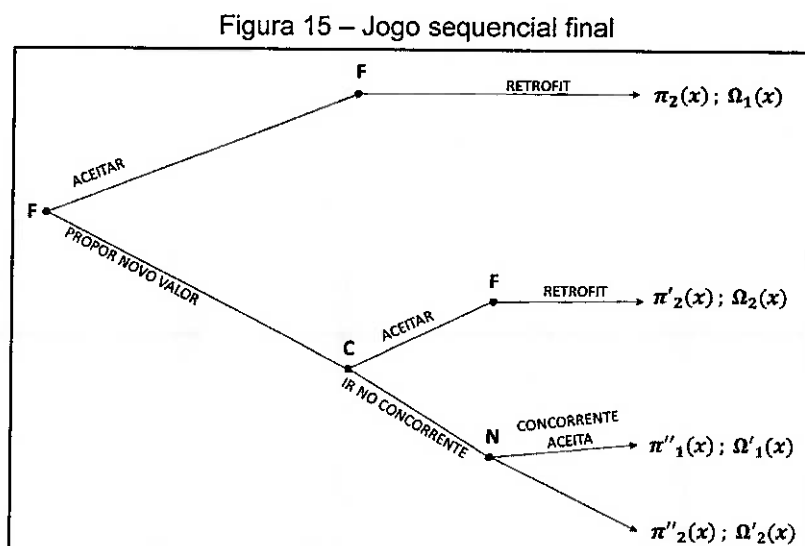
Figura 14 – Gráfico da Probabilidade acumulada do cliente aceitar determinado valor unitário  $\psi(x)$ .



Fonte: Autor.

### 3.3 A contraproposta

Após obter as equações dos payoffs e das variáveis do jogo sequencial, é possível descrever as equações de cada nó final da árvore de decisão, que representam os payoffs de cada estratégia.



Fonte: Autor.

Abaixo estão descritas as estratégias disponíveis para o fornecedor e suas respectivas equações:

- Estratégia 01: Fornecedor aceita o contrato a R\$150,00 e investe no Retorfit:  $\pi_2(150) = \pi(150) = R\$1.003.827,59$  e  $\Omega_1(150) = \Omega(150) = R\$5.375.353,82$
- Estratégia 02: Fornecedor propõem um Novo Valor, o Cliente Aceita a proposta, o fornecedor investe no retrofit:  $\pi'_2(x) = \pi(x) \cdot \varphi(x)$  e  $\Omega_2(x) = \Omega(x) \cdot \varphi(x)$
- Estratégia 03: Fornecedor propõem um Novo Valor, o Cliente oferta ao concorrente e o Concorrente aceita o contrato:  $\pi''_1(x) = -R\$1.468.660,33$  e  $\Omega'_1(x) = \Omega(x) \cdot \psi(x)$
- Estratégia 04: Fornecedor propõem um Novo Valor, o Cliente vai no concorrente e o Concorrente não aceita o contrato:  $\pi''_2(x) = R\$0,00$  e  $\Omega'_2(x) = -\Omega_2(x) \cdot [1 - \psi(x)]$

Analisando o jogo é possível observar que o Fornecedor (F) tem a primeira jogada, cabendo a este fazer a escolha entre aceitar a proposta inicial ou propor um novo valor de contrato. Caso aceite o payoff será de  $\pi_2$  ou seja, R\$1.003.827,59,



mas se existir algum valor que faça  $\pi'_2 > \pi_2$  existirá a tendência do 1º jogador em desviar para a estratégia de propor um novo valor, desta forma o 2ª jogador, que no caso é o Cliente (C), deverá fazer a escolha entre aceitar o contrato proposto ou negá-lo propondo um valor menor ou igual para o concorrente do Fabricante (F), com o objetivo de obter um maior payoff, ou seja,  $\Omega'_1 > \Omega_2$ .

Como o objetivo deste estudo é analisar a melhor estratégia a ser tomada pelo Fornecedor (F) e achar um valor ótimo do preço unitário de venda em função desta estratégia, foi montado um problema de otimização a fim de encontrar o valor do preço de venda que maximize o retorno e que seja um equilíbrio de Nash do jogo. O problema de otimização montado foi:

$$\text{Máx } \pi'_2(x)$$

Sujeito a

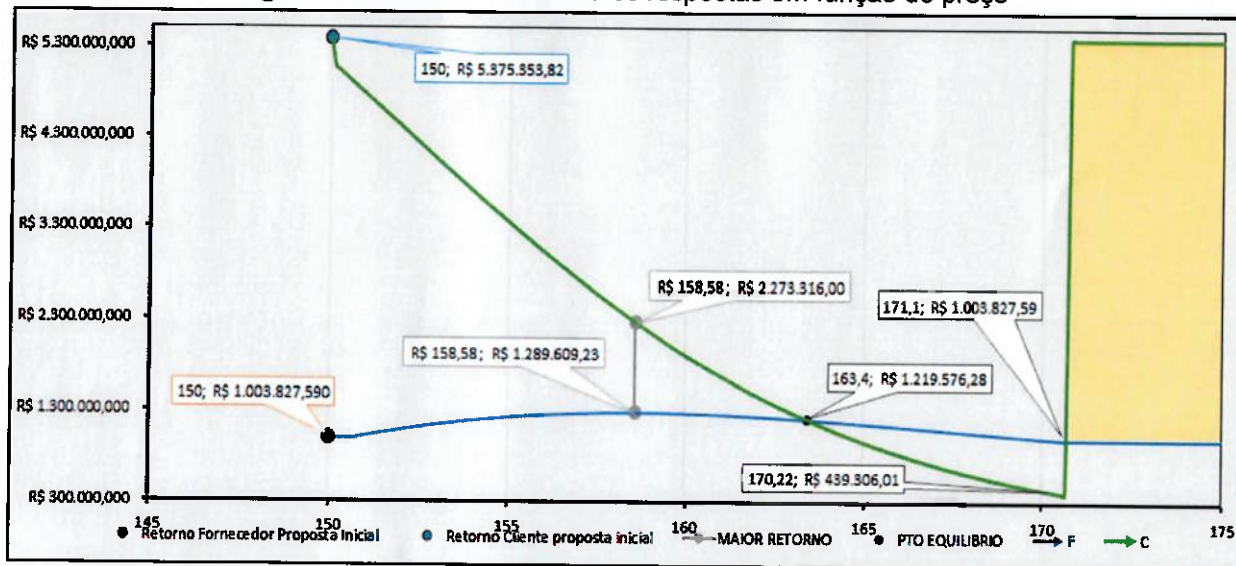
$$\pi'_2(x) > \pi_2(x)$$

$$\Omega_2(x) > \Omega'_1(x)$$

$$x > 150$$

O valor da variável x encontrado numericamente foi de R\$158,58. Portanto, com base nas equações e no jogo sequencial, foi possível montar um gráfico com as respostas de cada jogador para cada valor de x.

Figura 16 – Gráfico das melhores respostas em função do preço



Fonte: Autor.

Através do gráfico é possível observar que o ponto de maior retorno do Fornecedor é o  $x = R\$158,58$  e que para valores acima de  $R\$171,00$ , a melhor opção é aceitar a proposta inicial.

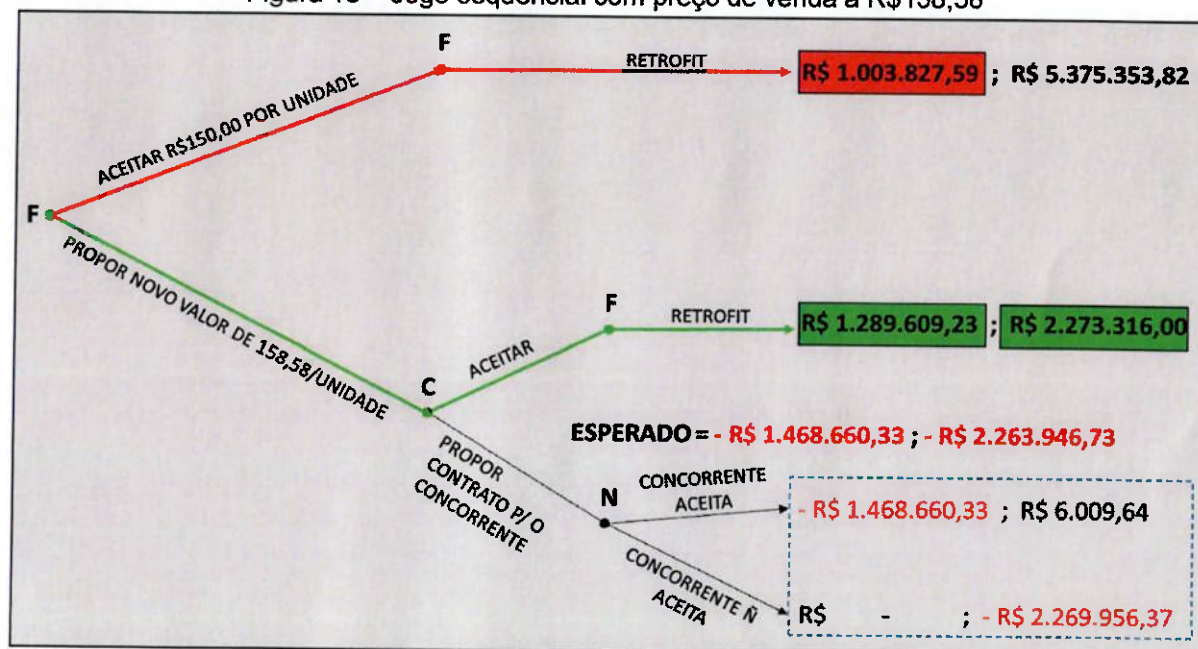
Analisando o jogo na forma normal, como demonstrado na figura abaixo, podemos chegar à conclusão que o valor de R\$158,58 é um equilíbrio de Nash para este jogo, sendo assim, com base nas modelagens realizadas e no jogo proposto, o valor de R\$158,58 se mostra um valor adequado a ser proposto como novo valor (contraproposta), proporcionando um aumento 28,47% do retorno em relação a proposta inicial feita pelo cliente, ou seja, R\$285.781,00 de ganho. Analisando o concorrente, o valor unitário de R\$158,58 é pouco provável que seja aceito, fazendo com que o retorno esperado do Cliente seja negativo, devido à perda de oportunidade de realizar suas vendas.

Figura 17 – Jogo na forma normal, destacando o em vermelho as saídas associadas ao equilíbrio de Nash

		JOGADOR: CLIENTE ( C )	
JOGADOR: FORNECEDOR ( F )		ACEITAR	OFERTAR P/ O CONCORRENTE
	ACEITAR	R\$1.003.827,59 ; <b>R\$5.375.353,82</b>	R\$1.003.827,59 ; <b>R\$5.375.353,82</b>
	PROPOR NOVO VALOR	<b>R\$1.289.609,23 ; R\$2.273.316,00</b>	-R\$1.468.660,33 ; - R\$2.263.946,73

Fonte: Autor.

Figura 18 – Jogo sequencial com preço de venda a R\$158,58



Fonte: Autor.

### 3.4 Análise da opção real de espera

O contrato proposto pelo cliente proporciona ao fornecedor fazer uma escolha entre investir imediatamente na alternativa mais viável ou esperar 1 ano, obtendo maiores informações para fazer o investimento.

A opção de esperar propicia uma decisão com base em mais subsídios, devido ao fato de permitir obter mais informações sobre as variáveis de risco. O prazo esperado para investir pode ou não acrescentar valor ao projeto e reduzir o seu risco.

No projeto em questão a demanda por produtos com características semelhantes aos do cliente é uma variável de risco, que impacta diretamente no retorno financeiro da empresa e na decisão de investir ou não no contrato proposto. Abaixo, segue um resumo dos cenários possíveis e suas probabilidades de acontecerem. As probabilidades foram definidas pelo departamento comercial/marketing da empresa fabricante.

Tabela 6 – Probabilidade de cada cenário ocorrer

<b>Mercado</b>	<b>DEMANDA</b>	<b>Probabilidade</b>
Otimista	Demanda Alta	55%
Estável	Demanda Estável	35%
Pessimista	Demanda Baixa	10%

Fonte: Autor.

Como o projeto possui um risco acima da média dos projetos implementados pelo fabricante, devido a diversas indefinições do cenário econômico, foi atribuída uma taxa de desconto de 14%, que é acima da média de projetos anteriores.

#### 3.4.1 Análise qualitativa do Fluxo de Caixa Descontado para a opção de espera

Analisando os possíveis fluxos de caixa, sem a opção de espera, de acordo com as probabilidades de cada cenário acontecer, a partir do ano 0, chegamos a um VPL esperado de R\$ 585.058,87.



Figura 19 – Fluxo de Caixa esperado, Cálculo do VPL e parâmetros sem a opção de esperar

FLUXO DE CAIXA						
ANO 0	Cenário	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5
R\$ 200.000,00	Otimista	-R\$ 591.500,00	-R\$ 28.687,50	R\$ 368.017,03	R\$ 889.652,29	R\$ 1.406.882,57
	Estável	-R\$ 591.500,00	-R\$ 271.687,50	R\$ 33.892,03	R\$ 444.152,29	R\$ 850.007,57
	Pessimista	-R\$ 591.500,00	-R\$ 433.687,50	-R\$ 286.148,44	-R\$ 339.541,99	-R\$ 399.609,74

CÁLCULO DO VPL				PARÂMETROS	
Cenário	VPL por Cenário	Probabilidade	VPL Esperado		
Otimista	R\$ 1.164.903,56	55%	R\$ 640.696,96	Valor Esperado	R\$ 585.058,87
Estável	R\$ 199.402,90	35%	R\$ 69.791,02	Desvio Padrão	R\$ 758.483,63
Pessimista	-R\$ 1.254.291,04	10%	-R\$ 125.429,10	Coef. Variação	1,30

Fonte: Autor.

Calculando o fluxo de caixa com a opção de espera, ou seja, investir no projeto a partir do ano 1, chega-se ao VPL esperado de R\$590.577,08.

Figura 20 – Fluxo de Caixa esperado, Cálculo do VPL e com opção de espera

FLUXO DE CAIXA							
ANO 0	Cenário	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6
R\$ 0,00	Otimista		-R\$ 591.500,00	-R\$ 28.687,50	R\$ 368.017,03	R\$ 889.652,29	R\$ 1.406.882,57
	Estável	R\$ 200.000,00	-R\$ 591.500,00	-R\$ 271.687,50	R\$ 33.892,03	R\$ 444.152,29	R\$ 850.007,57
	Pessimista		-R\$ 591.500,00	-R\$ 433.687,50	-R\$ 286.148,44	-R\$ 339.541,99	-R\$ 399.609,74

CÁLCULO DO VPL				PARÂMETROS	
Cenário	VPL por Cenário	Probabilidade	VPL Esperado		
Otimista	R\$ 1.132.590,66	55%	R\$ 622.924,86	Valor Esperado	R\$ 590.577,08
Estável	R\$ 231.420,72	35%	R\$ 80.997,25	Desvio Padrão	R\$ 709.896,48
Pessimista	-R\$ 1.133.450,36	10%	-R\$ 113.345,04	Coef. Variação	1,20

Fonte: Autor.

Portanto, através desta análise é possível verificar que o VPL esperado de investir no ano 1 é maior que aquele obtido ao investir no ano 0. Assim, é possível concluir que esta opção agrega valor ao projeto, ou seja, o fornecedor deve optar por adiar o investimento.

Sabe-se que a demanda não está verdadeiramente limitada a três cenários, uma vasta gama de resultados é possível. Nestes casos mais complexos, ou seja, com muitos cenários, uma simulação de Monte Carlo pode ser uma ferramenta para estimar o retorno em cada uma das possíveis realizações dos cenários, em função da variável de risco, caso estivessem disponíveis informações sobre a distribuição de probabilidade da variável aleatória associada aos possíveis cenários.

## 4 CONCLUSÕES

O orçamento de um projeto exige realizar o orçamento de capital, avaliar o impacto do empreendimento nas operações corporativas, garantir a eficiência no uso dos ativos, avaliar o grau de liquidez, a rentabilidade dos ativos, o grau de alavancagem financeira, entre outras considerações.

Uma vez que os projetos estratégicos possuem relação com os resultados das organizações é de extrema importância que uma análise de viabilidade seja feita, trazendo dados confiáveis e cenários possíveis, como, por exemplo, as alternativas de investimentos, as demandas futuras, as taxas de câmbio futuras, etc. Uma decisão estratégica equivocada pode trazer consequências negativas e muitas vezes irreversíveis às empresas.

A análise de viabilidade tradicional para projetos complexos, utilizando apenas o fluxo de caixa descontando, junto com indicadores como valor presente líquido, período de payback, taxa interna de retorno, pode não fornecer dados suficientes a uma decisão de investimento que vise o melhor resultado ou benefício, deixando que oportunidades sejam aproveitadas, como o momento ideal de cancelar determinado projeto ou expandi-lo, ou ainda que riscos não sejam mensurados.

A teoria dos jogos e a teoria das opções reais demonstram ser excelentes ferramentas para modelar e identificar oportunidades e riscos que podem estar desapercibidos. Além disso, a teoria dos jogos e a teoria das opções reais permitem calcular os valores financeiros de cada possível cenário e suas flexibilidades gerenciais, analisando estrategicamente os efeitos que cada decisão tem, inclusive em relação a agente externos às corporações, como concorrentes, clientes, etc.

No estudo de caso tratado nesta monografia foram aplicados os diferentes métodos e teorias pertinentes à avaliação da viabilidade de projetos. Com isso, foi possível não só analisar se o projeto seria viável ou não, como também foi possível determinar um valor mais atrativo de contrato, considerando os ganhos para o fornecedor, cliente e concorrente, e também foi possível visualizar se a opção de esperar 1 ano para investir traria vantagens ao fornecedor. Demonstrando, assim, que as teorias aplicadas realmente trazem uma maior riqueza na análise de projetos de investimentos.

Como resultado do estudo de caso pôde-se concluir que o fornecedor deve investir na alternativa do retrofit da linha de produção atual, uma vez que apresentou

o maior VPL entre as alternativas possíveis e também, pelas estimativas da demanda futura para os próximos 5 anos, o impacto na capacidade produtiva da linha atual não será relevante. Além disso, o fornecedor não deve aceitar a proposta inicial do cliente de R\$150/unidade, já que a análise feita através de um jogo sequencial e de um problema de otimização demonstraram que o cliente pode aceitar um valor superior de R\$158,58, adicionando um ganho ao fornecedor de R\$285.781,00. Sobre a questão de esperar por 1 ano ou investir imediatamente no projeto, a análise utilizando a teoria de opções reais demonstrou que uma pequena variação nos cenários esperados pelo fornecedor faz com que a opção de espera se torne atrativa, com esta informação associada ao fato que os cenários foram estimados e, portanto, podem possuir variações, além do cenário econômico atual desfavorável, é possível concluir que a melhor opção do fornecedor é a de esperar para fazer o investimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRIGHAM, E. F.; **Administração Financeira: teoria e prática**. 2ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

COPELAND, T. E.; ANTIKAROV, V. **Opções Reais: Um Novo Paradigma para Reinventar a Avaliação de Investimentos**. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

COX, J. C.; ROSS, S. A.; RUBINSTEIN, M. **Option Pricing: A Simplified Approach**. Journal of Financial Economics, v.7, p. 229-263, 1979.

DAIGLER, R. T. **Advanced option trading**. Cambridge: Probus, 1994

DIAS, MARCO ANTONIO G, **Análise de investimentos com opções reais: teoria e prática com a plicações em petróleo e em outros setores – volume 1: conceitos e opções reais em tempo discreto**. Rio de Janeiro, 2014

DUARTE JÚNIOR, ANTONIO MARCOS, **Viabilidade financeira e risco**. São Paulo: Saint Paul, 2013

FIANI, RONALDO. **Teoria dos jogos**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

GENTLE, J. E. **Random number generation and Monte Carlo methods**. New York: Springer, 1998.

MINARDI, A. M. A. F. **Teoria das Opções aplicada a projetos de investimento**. São Paulo: Atlas, 2004.

RUBINSTEIN, R. Y.; KROESE, D. P. **Simulation and monte carlo method**. 2ª ed. New Jersey. Wiley Series in Probability and Statistics, 2008.