

# A utilização do CAPM e APT na análise de investimento: Um estudo de caso.

Vinicius Amorim  
Sobreiro<sup>1</sup>

Mariana Rodrigues de  
Almeida<sup>1</sup>

Wilson Kendy Tachibana<sup>1</sup>

Daisy A. N. Rebelatto<sup>1</sup>

sobreiro@sc.usp.br

almeidamariana@yahoo.com

tachiban@prod.eesc.usp.br

daisy@prod.eesc.usp.br

<sup>1</sup> Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), Engenharia de Produção – São Carlos, SP, Brasil

## RESUMO

*Os métodos econômicos tradicionais não realizam avaliações de investimentos com precisão, pois existem várias limitações nos procedimentos matemáticos. Assim, devido à complexidade da estrutura de mercado, as avaliações dos investimentos precisam considerar as situações de riscos, pois expor o patrimônio de uma organização é uma tarefa muito árdua para ser executada. Para isso, o objetivo deste artigo é corroborar as taxionomias da literatura para análise de investimento expondo a aplicação das técnicas CAPM e APT em um projeto financiado por capital próprio e de terceiros. O método de pesquisa utilizado foi respaldado por meio de um embasamento teórico em que remete aos conceitos básicos dos métodos econômicos tradicionais e em seguida realizou-se um estudo de caso para implementar os métodos na prática. Com base nessa avaliação, os resultados obtidos por meio dessa pesquisa têm como subsidiar as tomadas de decisões dos gestores no âmbito organizacional.*

Palavras-Chave: CAPM. APT. Análise de Investimento.

## 1. INTRODUÇÃO

Na atual conjuntura econômica mundial, a questão de análise de investimento é crucial e vital para a continuidade e sobrevivência das organizações. De acordo com Queiroz (2001), a análise de investimento exerce um papel fundamental na alocação eficiente dos escassos recursos perante um ambiente organizacional. Segundo Securato (2002), as decisões financeiras em condições de risco apresentam o significado se administração financeira da empresa foi um fracasso ou um sucesso perante as organizações. O risco pode ser compreendido, segundo Gitman (2006), como uma dada possibilidade da variabilidade de retornos, ou seja, se os benefícios esperados ou exigidos podem remunerar os investimentos efetuados.

Kassai et al. (2000) não vislumbravam que o fato da produção futura ser duvidosa na utilização dos métodos tradicionais de análise dos investimentos. Com base nesse contexto, de produção futura duvidosa verifica-se a dificuldade das técnicas tradicionais de análise de investimentos em condições de risco, onde o financiamento do capital pode ser resultado de aplicação de capital próprio e de terceiros.

A partir disso, este presente trabalho tem como objetivo corroborar as taxionomias da literatura quando aplicados os métodos de análise de investimento em condições de risco em um estudo de caso. Visto que os mesmos auxiliam nas tomadas de decisões dos gestores nas organizações.

Na seqüência, este artigo está estruturado da seguinte maneira: na seção 2, apresentam-se os conceitos básicos referentes aos métodos tradicionais da engenharia econômica; na seção 3, demonstram-se os métodos de avaliação do risco na análise de investimentos; na

seção 4 aplicam-se os métodos de análise de investimento em condições de risco no estudo de caso em seguida as reflexões finais.

## 2. MÉTODOS TRADICIONAIS

Os métodos tradicionais de análise para investimentos mais utilizados pelos gestores das organizações segundo Figueiredo (2003) são: (a) Valor Presente Líquido; (b) Taxa Interna de Retorno; (c) Taxa Interna de Retorno Modificada; (d) Payback Simples; (e) Payback Descontado. Entretanto, Bailarine (2003) argumenta que os métodos mais relevantes são:

- Valor Presente Líquido: consiste na soma de todos os valores presentes do fluxo de caixa líquido, ou seja, um valor monetário da diferença entre todas as entradas e saídas de caixa resgatadas ao valor presente (OLIVEIRA, 2003).
- Taxa Interna de Retorno: compreende como uma taxa de desconto que iguala o valor presente das entradas de caixa esperadas de um projeto ao valor presente das saídas esperadas de caixa (BAILARINE, 2003);

Segundo Queiroz (2001), a principal vantagem da utilização desses métodos quando aplicados na análise de investimentos é devido à ausência de dificuldade para a compreensão e utilização por parte das organizações. Vale ressaltar que esses métodos apresentam as seguintes restrições, descritas a seguir:

- Contemplar com uma taxa mínima de atratividade igual para toda a organização, pois mediante a utilização de uma mesma taxa mínima podem-se rejeitar os projetos de investimento consideráveis viáveis. Entretanto de menor retorno, nesse contexto, Hirschfeld (2000) argumenta que o principal problema da adoção da mesma taxa de mínima de atratividade para a empresa como um todo reside no fato da viabilidade depender sempre da taxa mínima de atratividade e;
- Considerar as condições de incertezas sempre de forma isolada quando realizar uma composição de diversificação eficiente dos investimentos, pois os projetos de investimentos podem concorrer para a diminuição do risco total da organização.

Para transpor essas restrições, Queiroz (2001) aponta que é necessário realizar a adoção de novas técnicas tais como o modelo de precificação de capital e teoria de precificação por arbitragem utilizadas no mercado de capital na avaliação econômica de projetos. Reputando-se que o mercado de capitais no tratamento da relação risco deve considerar que o retorno é o maior progresso.

## 3. NOVAS TÉCNICAS

### 3.1 MODELO DE PRECIFICAÇÃO DE CAPITAL

O modelo CAPM propicia estimar o custo de capital, ou seja, a taxa de retorno requerida pelo gestor do capital próprio (SAMANEZ, 2002). Outra questão a ser considerada é quando se precisa determinar a taxa de risco do investimento.

Para isso, é utilizado o modelo do CAPM para definir a taxa de risco (SHARPE, 1964), porém o valor encontrado referente aos dados do investimento a ser analisado será relacionado com o nível de alavancagem de mercado. Logo, se torna essencial encontrar o custo do capital sem o índice beta não alavancado (HAMADA, 1972). Dessa maneira, essa taxa pode ser expressa em termos de valores esperados, em que o retorno esperado do ativo é constituído por dois valores, onde o primeiro é rentabilidade da aplicação sem riscos e o segundo significa o prêmio pelo risco. A Equação 1 apresenta os procedimentos matemáticos necessários para avaliar o retorno esperado.

$$\bar{R} = R_f + \beta(\bar{R}_m - R_f) \quad (1)$$

Em que:

$\bar{R}$  é o retorno esperado;

$R_f$  é a rentabilidade sem risco;

$R_m$  é a rentabilidade esperada de mercado e;

$\beta$  é o beta do investimento, ou seja a volatilidade do retorno do investimento em relação ao retorno de mercado.

Para Famá et al. (2002), o modelo CAPM apresenta o custo do capital da empresa mediante o retorno mínimo esperado pelo investidor, dado o nível de risco sistemático. Isso implica na relação entre o retorno de um projeto e o retorno do mercado. Na aplicação do modelo, Fonseca e Bruni (2003) apresentam a necessidade de estimar as seguintes variáveis:

- Rentabilidade sem risco: significa adotar a taxa média Selic (Sistema Especial de Liquidação e Custódia), visto que mesma registra as transações com títulos públicos e avalia o custo de captação da dívida interna;
- Rentabilidade esperada de mercado: no mercado brasileiro faz-se uso do índice IBOVESPA e;
- Beta do investimento: é dado pelo coeficiente da regressão dos retornos realizado pelo investimento, sobre os retornos realizados pelos índices de rentabilidade do mercado. Segundo Queiroz (2001), o beta do investimento pode ser representado pela seguinte Equação 2.

$$\beta = \frac{Cov(R, R_m)}{\sigma^2(R_m)} \quad (2)$$

Em que:

$Cov(R, R_m)$  é a covariância entre a distribuição do retorno do investimento e a distribuição do retorno da rentabilidade esperada de mercado e;

$\sigma^2(R_m)$  é a variância da distribuição do retorno da rentabilidade de mercado.

Nesse contexto, Queiroz (2001) versa que a aplicação do modelo CAPM na análise de investimento mediante a estimação da TMA do projeto de investimento por ser expressa por meio do CAPM, conforme a Equação 3.

$$TMA = R_f + \beta(\bar{R}_m - R_f) \quad (3)$$

A estimação da TMA por meio do modelo CAPM transpõe a limitação de aceitação da mesma taxa mínima de atratividade para a organização como um todo.

### 3.2. MODELO DE PRECIFICAÇÃO POR ARBITRAGEM

A expressão fundamental APT (Arbitrage Pricing Theory) fornece o retorno que compensará realizar o investimento para um determinado risco (BODIE, KANE; MARCUS, 2000). Miranda (1997) aponta que Stephen A. Ross como o principal mentor desse método por meio da publicação do artigo: “The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing”, em que esse autor realiza o relacionamento dos retornos mediante uma série de fatores no âmbito setorial ou macroeconômico.

O modelo APT apresenta um procedimento diferente do CAPM porque não se baseia na irrestrita carteira de mercado, considerando a existência plausível de várias fontes causadora de risco sistemático. Esses procedimentos são refletidos nas movimentações de

vários índices representativos do mercado: (a) flutuações do preço internacional de petróleo; (b) da taxa de juros; (c) da taxa de câmbio; (d) do produto interno bruto; (e) da taxa de inflação; (e) entre outros (MEIRELLES, 2004).

Queiroz (2001) argumenta que a principal diferença entre os métodos CAPM e o APT está centrada nas várias fontes causadoras do risco sistemático. Nessa composição, o APT fornece um valor de retorno mais justo visto que compense pelo risco sistemático do investimento, sendo assim o CAPM pode ser analisado como um resultante do APT. A Equação 4 apresenta o relacionamento entre essas variáveis.

$$TMA = R_f + \beta(R_m - R_f) + \beta_k(R_m - R_f) + \beta_k(R_m - R_f) + \dots + \beta_k(R_m - R_f) \quad (4)$$

Em que:

$TMA$  é taxa mínima de atratividade;

$R_f$  é a rentabilidade sem risco;

$R_m$  é a rentabilidade esperada de mercado;

$\beta$  é o beta do investimento, ou seja a volatilidade do retorno do investimento em relação ao retorno de mercado e;

$\beta_k$  é o beta do projeto relativo ao k-ésimo índice do ambiente setorial;

O modelo APT pode representar melhor a realidade complexa por meio de uma modelagem multifatorial. Enquanto isso, o CAPM é fundamentado apenas em um fator. Com isso, o resultado dessa avaliação define a utilização de uma TMA específica para o projeto de investimento.

### 3.3. CUSTO DO CAPITAL PELO CUSTO MÉDIO PONDERADO DE CAPITAL (CMPC)

O Custo do Capital pelo Custo Médio Ponderado de Capital (CMPC) é o custo resultante da média ponderada de financiamento entre capital próprio e de terceiro (SAMANEZ, 2002). Para isso, a Equação 5 apresenta essa média em que é dada por:

$$CMPC = K_{cp} \left( \frac{CP}{V} \right) + K_d (1-T) \left( \frac{D}{V} \right) \quad (5)$$

Em que:

$CMPC$  é o custo médio ponderado de capital;

$K_{cp}$  é o custo do capital próprio;

$K_d$  é o custo marginal da dívida ou taxa de juros paga sobre a dívida adicional;

$D$  é o valor da dívida;

$CP$  é valor de mercado do capital próprio;

$V$  é a soma de  $CP + D$ , ou seja o valor da empresa e;

$T$  é a alíquota marginal do imposto de renda.

Um dos principais fatores para utilizar o método CMPC consiste na adequação das variáveis representando a totalidade da organização. Sendo assim, é necessária a contemplação do conjunto dessas variáveis para esse objeto de estudo, pois caso contrário não é possível realizar esse tipo de análise. Outro fator que a ser considerado na composição do custo médio ponderado de capital é o custo líquido da dívida, devido à influência do efeito fiscal sobre a dívida. A Equação 6 apresenta a formulação para o seu cálculo.

$$CLD = K_D (1-T) \quad (6)$$

Em que:

$CLD$  é o custo líquido da dívida;

$K_d$  é o custo marginal da dívida ou taxa de juros paga sobre a dívida adicional e;

$T$  é a alíquota marginal do imposto de renda.

A incorporação do custo do capital para análises de investimentos em condições de risco de considerar a estimação do beta da empresa. (SAMANEZ, 2002). Dessa maneira, o beta do seu ativo é uma média ponderada dos betas do capital próprio e da dívida, conforme exposto na Equação 7 ou pela Equação 8.

$$\beta_A = \beta \left( \frac{CP}{CP+D} \right) + \beta_d (1-T) \left( \frac{D}{CP+D} \right) \quad (7)$$

$$\beta_A = \beta_0 (1-T) \frac{D}{CP+D} \quad (8)$$

Em que:

$\beta_A$  é o beta do ativo ou da empresa;

$\beta_0$  é o beta que a empresa teria se ela não tivesse dívida nenhuma, ou seja beta não-alavancado;

$D$  é o valor da dívida;

$CP$  é valor de mercado do capital próprio e;

$T$  é a alíquota marginal do imposto de renda.

Ao igualar as Equações 7 e 8, pode-se destacar que o beta não-alavancado por ser representando pela Equação 9.

$$\beta_0 = \left( \frac{\beta}{1 + (1-T) \frac{D}{CP}} \right) \quad (9)$$

Isolando o parâmetro e introduzindo os valores da nova alavancagem o beta ajustado (ou beta) pode ser apresentado por meio dessa nova Equação 10 (SAMANEZ, 2002).

$$\beta_a = \beta_0 (1 + (1-T) \frac{D'}{CP'}) \quad (10)$$

Em que:

$\beta_a$  é o beta ajustado da organização;

$\beta_0$  é o beta que a empresa teria se ela não tivesse dívida nenhuma, ou seja, beta não-alavancado;

$T$  é a alíquota marginal do imposto de renda;

$D'/CP'$  é o índice de dívida por capital próprio da empresa após a decisão de investir.

#### 4. ESTUDO DE CASO

O objeto deste estudo de caso é a implantação de um sistema de ERP, em uma empresa produtora de papel e celulose de eucalipto, visto que a estratégia da empresa consiste na reestruturação, integração de operações (pessoas, processos e tecnologia), com maior disponibilidade e qualidade nos dados e informações propiciando a descentralização das decisões na organização.

Entretanto nesse contexto a fim de simplificar a exposição das técnicas de análise de investimento em condições de risco apenas as informações de aspectos financeiros são consideradas para a análise.

Inicialmente são representados os fluxos de caixa previsto pelos gestores da organização após a implantação do ERP mediante considerações de cenários econômicos

futuros, ou seja, variações na receita segundo oscilações do preço do papel para aplicação das técnicas tradicionais e posteriormente das técnicas CAPM, e APT.

A Tabela 1 apresenta o fluxo de caixa mais provável da organização com 50% de probabilidade para se manter durante o período.

Tabela 1 - Representação de Fluxo de Caixa Mais Provável (50%)

Ano	Investimento Inicial	Benefícios	Custo Recorrente	Fluxo de Caixa Líquido
0	-4.500.000,00			-4.500.000,00
1		2.050.000,00	-135.000,00	1.915.000,00
2		2.050.000,00	-135.000,00	1.915.000,00
3		2.050.000,00	-135.000,00	1.915.000,00
4		2.050.000,00	-135.000,00	1.915.000,00
5		2.050.000,00	-135.000,00	1.915.000,00

Fonte: Adaptado de Schaicoski (2002)

A Tabela 2 apresenta o fluxo de caixa pessimista da organização com uma variação de 4,50% no fluxo de caixa líquido, mas a probabilidade de ocorrer essa variação consiste em 25%.

Tabela 2 - Representação do Fluxo de Caixa mais pessimista (25%)

Ano	Investimento Inicial	Benefícios	Custo Recorrente	Fluxo de Caixa Líquido
0	-4.500.000,00			-4.500.000,00
1		1.963.825,00	-135.000,00	1.800.100,00
2		1.963.825,00	-135.000,00	1.800.100,00
3		1.963.825,00	-135.000,00	1.800.100,00
4		1.963.825,00	-135.000,00	1.800.100,00
5		1.963.825,00	-135.000,00	1.800.100,00

Fonte: Adaptado de Schaicoski (2002)

A Tabela 3 apresenta o fluxo de caixa mais otimista da organização com uma variação de 8% no fluxo de caixa líquido, mas a probabilidade de ocorrer essa variação consiste em 25%.

Tabela 3 - Representação do Fluxo de Caixa mais otimista (25%)

Ano	Investimento Inicial	Benefícios	Custo Recorrente	Fluxo de Caixa Líquido
0	-4.500.000,00			-4.500.000,00
1		2.164.900,00	-135.000,00	2.068.200,00
2		2.164.900,00	-135.000,00	2.068.200,00
3		2.164.900,00	-135.000,00	2.068.200,00
4		2.164.900,00	-135.000,00	2.068.200,00
5		2.164.900,00	-135.000,00	2.068.200,00

Fonte: Adaptado de Schaicoski (2002)

A partir dos dados coletados, a aplicação dos métodos tradicionais no fluxo de caixa para o cenário mais provável resulta no valor da TIR de 31,89% e o VPL é de R\$ 1.919.377,01. Nesse cálculo, os gestores consideraram uma taxa de 15% para a TMA.

Para utilizar o cálculo da TMA pelo método do CAPM, foi necessário considerar a participação 70% de capital de terceiro antes da implementação do projeto e 75% depois da implementação do projeto e a consideração do imposto de renda sendo representado pelo percentual de 30%. Desse modo, para aplicar o método CAPM é necessário estimar os seguintes parâmetros:

- Beta do investimento: para estimar esse parâmetro foi necessário considerar os prováveis retornos do investimento e o retorno de mercado sendo representado pelo índice IBOVESPA. Para o caso analisado utilizaram-se os dados referentes ao ano de 2005. Além disso, a Tabela 4 apresenta os índices referentes à expansão esperada, Estabilidade Esperada e Retração Esperada. Para tanto, foi utilizando os dados da IBOVESPA em que correlaciona os meses e os índices referentes do ano.

Tabela 4 - Rentabilidade IBOVESPA

MÊS	IBOVESPA
Janeiro	-7,04
Fevereiro	15,55
Março	-5,43
Abril	-6,64
Mai	1,46
Junho	-0,61
Julho	3,95
Agosto	7,68
Setembro	12,61
Outubro	-4,40
Novembro	5,70
Dezembro	4,82
<b>Expansão Esperada<sup>1</sup> (25%)</b>	<b>7,40</b>
<b>Estabilidade Esperada (50%)</b>	<b>2,30</b>
<b>Retração Esperada (25%)</b>	<b>-4,82</b>

Fonte: Adaptado de Queiroz (2001)

A Tabela 5 apresenta o cálculo do retorno médio de mercado, o desvio padrão e a variância para todas as possibilidades de cenário referente à rentabilidade do Índice IBOVESPA.

Tabela 5 - Cálculo do Retorno Médio de Mercado

Possibilidade	Retorno	Prob.	Ret. Médio	(Ret.-Ret Médio) <sup>2</sup>	Dêsv. Padrão	Variância
Expansão	7,40	25%	1,80	31,37	4,3502	18,9244
Estabilidade	2,30	50%		0,26		
Retração	-4,82	25%		43,81		

A Tabela 6 apresenta o cálculo do retorno médio do investimento e o desvio padrão para todas as possibilidades de cenário referente à rentabilidade do investimento a ser realizado pela organização.

Tabela 6 - Cálculo do Retorno Médio do Investimento

Possib.	Investimento Inicial	Fluxo de Caixa	TIR	Prob.	TIR. Média	(TIR.-TIR Média) <sup>2</sup>	Dêsv. Padrão
Retração	-4.500.000,00	1.800.100,00	28,65	25%	32,14	0,12178%	2,65%
Estabilidade	-4.500.000,00	1.915.000,00	31,89	50%		0,00062%	
Expansão	-4.500.000,00	2.068.200,00	36,13	25%		0,15889%	

A Tabela 7 sistematiza os valores necessários para encontrar o valor da covariância entre retorno do investimento e o retorno de mercado. Esse cálculo foi realizado para todos os cenários de probabilidade de ocorrência.

Tabela 7 - Covariância entre Retorno do Investimento e Retorno de Mercado

Probabilidade	(TIR – TIR Média)	(Ret – Ret Médio)	Covariância
---------------	-------------------	-------------------	-------------

<sup>1</sup> Segundo Queiroz (2001), o percentual da expansão esperada é calculado mediante a média dos valores positivos, a estabilidade é calculada pela média de todos os dados, e a retração pela média dos valores negativos.

25%	-3,4897	-6,6190	11,2927
50%	-0,2482	0,5092	
25%	3,9862	5,6007	

Com base nos resultados obtidos, o beta investimento foi calculado por meio da Equação 4 para estimar o beta não-alavancado.

$$\beta = \frac{Cov(R, R_m)}{\sigma^2(R_m)}$$

$$\beta = \frac{11,2927}{18,9244}$$

$$\beta = 0,60$$

- Beta não-alavancado: para estimar esse parâmetro foi necessário considerar o beta do investimento, o percentual de capital próprio, o percentual de capital de terceiro e a taxa de tributação do imposto de renda. Dessa maneira, utilizou-se a Equação 9 para encontrar o valor do beta não-alavancado.

$$\beta_0 = \left( \frac{\beta}{1 + (1-T) \frac{D}{CP}} \right)$$

$$\beta_0 = \left( \frac{0,60}{1 + (1-0,30) \times \frac{0,70}{0,30}} \right)$$

$$\beta_0 = \left( \frac{0,60}{1 + (0,70) \times 2,33} \right) \rightarrow \left( \frac{0,60}{2,63} \right) \rightarrow 0,23$$

- Beta ajustado: para estimar esse parâmetro foi necessário considerar o beta do investimento e o beta não-alavancado conforme a Equação 10.

$$\beta_a = \beta_0 \left( 1 + (1-T) \frac{D'}{CP'} \right)$$

$$\beta_a = 0,23 \times \left( 1 + (1-0,30) \times \frac{0,75}{0,25} \right)$$

$$\beta_a = 0,23 \times (1 + (0,70 \times 3,00))$$

$$\beta_a = 0,23 \times (1 + 2,10)$$

$$\beta_a = 0,23 \times 3,10$$

$$\beta_a = 0,70$$

A partir dos resultados obtidos, foi possível calcular a TMA considerando os parâmetros da taxa média SELIC, o beta ajustado do IBOVESPA com o retorno do investimento e o retorno médio de mercado (IBOVESPA). A taxa média SELIC adotada foi no valor de 18% e cotada em dezembro de 2005, conforme a base de dados disponibilizada pelo site do IPEADATA. A Equação 3 apresenta o cálculo da TMA em que foram considerados todos os parâmetros referenciados acima.

$$TMA = R_f + \beta(\bar{R}_m - R_f)$$

$$TMA = 18 + 0,70 \times (1,80 - 18)$$

$$TMA = 18 + 0,70 \times (-16,20)$$

$$TMA = 18 - 8,54$$

$$TMA = 6,62$$

A proposta inicial da avaliação do investimento deve considerar outra fonte causadora de risco, como a inflação. O critério de seleção da fonte foi respaldado por Queiroz (2001). Assim, a Tabela 8 apresenta os índices da inflação mensurados por meio do IGP-DI em que foram correlacionados com cada mês do ano de 2005, conforme a base disponibilizada pela IPEADATA. Para isso, é essencial o cálculo da expansão esperada considerando uma

probabilidade de 25%, da estabilidade considerando a probabilidade de 50% e da retração esperada para a inflação considerando a probabilidade de 25% conforme ilustra pela Tabela 8.

Tabela 8 - Inflação pelo IGP-DI

MÊS	Inflação IGP-DI
Janeiro	0,33
Fevereiro	0,40
Março	0,99
Abril	0,51
Mai	-0,25
Junho	-0,45
Julho	-0,4
Agosto	-0,79
Setembro	-0,13
Outubro	0,63
Novembro	0,33
Dezembro	0,07
<b>Expansão Esperada</b>	<b>0,47</b>
<b>Estabilidade Esperada</b>	<b>0,10</b>
<b>Retração Esperada</b>	<b>-0,40</b>

A Tabela 9 apresenta o cálculo do índice médio da inflação, o desvio padrão e a variância para todas as possibilidades de cenário referente ao índice de inflação.

Tabela 9 - Cálculo da Inflação Média

Possibilidade	Inflação	Prob.	Infl. Média	(Infl.-Infl Média) <sup>2</sup>	Dêsv. Padrão	Variância
Expansão	0,47	25%	0,07	0,16	0,3096	0,0959
Estabilidade	0,10	50%		0,00		
Retração	-0,40	25%		0,22		

A Tabela 10 sistematiza os valores necessários para encontrar o valor da covariância entre retorno do investimento e a inflação. Esse cálculo foi realizado para todos os cenários de probabilidade de ocorrência.

Tabela 10 - Covariância entre Retorno do Investimento e Inflação

Probabilidade	(TIR – TIR Média)	(Infla – Infla Média)	Covariância
25%	-3,4897	-0,4711	0,8037
50%	-0,2482	0,0362	
25%	3,9862	0,3986	

Com base nos resultados obtidos, é necessário calcular os seguintes parâmetros o beta do investimento, o beta não-alavancado e o beta ajustado:

- Beta do investimento: para estimar esse parâmetro foi necessário considerar os prováveis retornos do investimento e a inflação sendo representado pelo índice IGP-DI.

$$\beta = \frac{Cov(R, Infla_m)}{\sigma^2(Infla_m)}$$

$$\beta = \frac{0,8037}{0,0959}$$

$$\beta = 8,38$$

- Beta não-alavancado: para estimar esse parâmetro foi necessário considerar o beta do investimento, o percentual de capital próprio, o percentual de capital de terceiro e a taxa de tributação do imposto de renda. Utilizou-se a Equação 9 para encontrar o valor do beta não-alavancado.

$$\beta_0 = \left( \frac{\beta}{1 + (1-T) \frac{D}{CP}} \right)$$

$$\beta_0 = \left( \frac{8,38}{1 + (1-0,30) \times \frac{0,70}{0,30}} \right)$$

$$\beta_0 = \left( \frac{8,38}{1 + 0,70 \times 2,33} \right) \rightarrow \left( \frac{8,38}{2,63} \right) \rightarrow 3,18$$

Beta ajustado: para estimar esse parâmetro foi necessário considerar o beta do investimento e o beta não-alavancado conforme a Equação 10.

$$\beta_a = \beta_0 \left( 1 + (1-T) \frac{D'}{CP'} \right)$$

$$\beta_a = 3,18 \times \left( 1 + (1-0,30) \times \frac{0,75}{0,25} \right)$$

$$\beta_a = 3,18 \times (1 + (0,70 \times 3,00))$$

$$\beta_a = 3,18 \times (1 + 2,10)$$

$$\beta_a = 3,18 \times 3,10$$

$$\beta_a = 9,87$$

A partir dos resultados obtidos, foi possível calcular a TMA por meio do método do APT em que considerou os parâmetros da taxa média SELIC, o beta ajustado do IBOVESPA com o retorno do investimento, o retorno médio de mercado (IBOVESPA), o beta ajustado da inflação com o retorno do investimento e a inflação média. Assim, a TMA é estimada por meio da Equação 4 em que considera os dados acima.

$$TMA = R_f + \beta(R_m - R_f) + \beta_k(R_m - R_f) + \beta_k(R_m - R_f) + \dots + \beta_k(R_m - R_f)$$

$$TMA = 18 + 0,70 \times (1,80 - 18) + 9,87 \times (0,07 - 18)$$

$$TMA = 18 - 8,59 - 176,97$$

$$TMA = -170,38$$

Para sistematizar os resultados obtidos dessas avaliações, a Tabela 11 apresenta os resultados das aplicações referentes aos métodos CAPM e APT.

Tabela 11 - A sistematização dos resultados por meio dos métodos de avaliação.

Métodos	Resultados	Comentários
CAPM	$TMA_{CAPM} < TIR \text{ MÉDIA}$	Viável economicamente
APT	$TMA_{APT} < TIR \text{ MÉDIA}$	Viável economicamente

## 5. REFLEXÕES FINAIS

Atualmente, as organizações buscam por técnicas que auxiliem nas tomadas de decisões para os investimentos em condições de risco, visto que as técnicas tradicionais manifestam algumas limitações nos procedimentos de avaliação do mesmo. Essas limitações significam não fornecer a perda máxima esperada no projeto, bem como contemplar a mesma taxa mínima de atratividade para a organização como um todo. Essas limitações foram focos de estudo contemplados neste artigo.

Nesse encadeamento de idéia, o principal objetivo deste artigo foi aplicar o modelo de precificação de ativos de capital (CAPM) e o modelo de precificação por arbitragem (APT), na exclusão de tais limitações. As exclusões de todas as limitações foram alcançadas mediante as aplicações dos métodos: CAPM e APT.

Na esteira desse processo, tais exclusões admitem concluir que o principal objetivo desejado foi atingido. Assim, realizou-se um estudo de caso na implantação de um sistema ERP em uma empresa produtora de papel para corroborar as taxionomias da literatura de investimento.

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, os métodos de avaliação econômica de projetos de investimento em condição de risco auxiliaram bastante a organização identificar a real relação entre risco e retorno e adotar melhores decisões. Além disso, o propósito deste artigo ainda despertou o interesse para realizar futura pesquisa, correlacionando à técnica de Valor no Risco (VAR), com as técnicas aqui apresentadas.

## REFERÊNCIAS

- BALARINE, O. A utilização de técnicas de engenharia econômica para posicionamentos estratégicos em negócios da construção. In: I ENCONTRO DE ESTUDOS EM ESTRATÉGIA, 65, 2003, Curitiba. Anais...
- BODIE, Z.; KANE, A.; MARCUS, A. J. (2000). Fundamentos de investimentos. 3. ed. Porto Alegre: Bookman.
- FAMÁ, R.; CARDOSO, R. L.; MENDOÇA, O. Riscos financeiros e não financeiros: uma proposta de modelo para finanças. Faceca, Campinas, v. 11, n. 1, p. 33-50, jan/jun, 2002.
- FIGUEIREDO NETO, L. F.; MANFRINATO, J. W. S.; CREPALDI, A. F. Teoria das opções reais: de que está se falando? In: X SIMPÓSIO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Bauru, 2003, Anais...
- FONSECA, Y. D.; BRUNI, A. L. Técnicas de avaliação de investimentos: uma breve revisão da literatura. Cadernos de Análise Regional, São Paulo - SP, v. 1, p. 40-54, 2003.
- GITMAN, L. J. Princípios de administração financeira. 10. ed. São Paulo: Prentice- Hall, 2006.
- HAMADA, R. The Effect of the Firm's Capital Structure on the Systematic Risk of Common Stocks. Journal of Finance, p. 435-452, 1972.
- HIRSCHFELD, H. Engenharia econômica e análise de custos. 7. ed.. São Paulo: Atlas, 2000.
- KASSAI, J. R. et al. Retorno de investimento: abordagem matemática e contábil do lucro empresarial. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- MEIRELLES, J. L. F. A Teoria de Opções Reais como Instrumento de Avaliação de Projetos de Investimento. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos (EESC/USP), São Paulo, 2004.
- MIRANDA, V. A. M.; PAMPLONA, E. O. Um estudo do modelo arbitrage pricing theory (apt) aplicado na determinação da taxa de descontos. In: XXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Gramado, outubro, 1997. Anais ....

OLIVEIRA, A. M. G. Uma pesquisa exploratória sobre a utilização de técnicas financeiras pelas micro e pequenas indústrias do setor eletroeletrônico do vale da eletrônica. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2003.

QUEIROZ, J. A. Aplicação do valor no risco (VAR), do modelo de precificação dos ativos de capitais (CAPM) e da teoria de precificação por arbitragem (APT) na avaliação econômica dos projetos de investimento em condições de risco. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos, USP – Campus de São Carlos, 2001.

SAMANEZ, C. P. Matemática financeira: aplicações à análise de investimentos. 3. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

SCHAICOSKI, J. C. A utilização do roi na análise de projetos da tecnologia da informação. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2002.

SECURATO, J. R. Avaliação do Risco da Empresa - Um Estudo Introdutório. Administração Em Diálogo Programa de Estudos Pós Graduados Em Administração PUC, São Paulo, v. 4, p. 103-118, 2002.

SHARPE, W. F. (1964). Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk. The Journal of Finance, vol. 19, p. 425-442.