

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DANILO DE JULIO PALMEIRA

Processo de decisão de investimentos em forma de jogos estáticos com payoff's estabelecidos via modelo de Opções Reais – Caso Fibria e Suzano 2010.

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

**Professor orientador: Danilo Z.
Figueiredo**

**São Paulo
2015**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

BIBLIOTECA TÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

MB/EP
2015
P 182-P

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Permitido o uso de imagens e/ou totais de obras digitais em
rede de bibliotecas da Universidade de São Paulo - Caso legal e
comunitário



Escola Politécnica - EPEL



31500009585

m 2015 J

[2351918]

Filial de São Paulo
Universidade de São Paulo

São Paulo

2015

Palmeira, Danilo de Julio

Processo de decisão de investimentos em forma de jogos estáticos com payoff's estabelecidos via modelo de Opções Reais – Caso Fibria e Suzano 2010 – São Paulo, 2015.

Nº de páginas: 99.

Orientador: Prof. Danilo Z. Figueiredo.

Monografia (MBA em Engenharia Financeira) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

1. Teoria dos Jogos; 2. Valuation; 3. Modelo de Opções Reais; 4. Fluxo de Caixa Descontado.

Palmeira, Danilo de Julio

Processo de decisão de investimentos em forma de jogos estáticos com payoff's estabelecidos via modelo de Opções Reais – Caso Fibria e Suzano 2010 – São Paulo, 2015.

Nº de páginas: 102.

Orientador: Prof. Danilo Z. Figueiredo.

Monografia (MBA em Engenharia Financeira) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

1. Teoria dos Jogos; 2. Valuation; 3. Modelo de Opções Reais; 4. Fluxo de Caixa Descontado.

Para Olívio Pavan de Julio

RESUMO

O intuito do trabalho foi analisar processos de investimento em um cenário de competição no qual as decisões de um indivíduo afetam e são afetadas pelas ações de seus concorrentes. Este problema foi aplicado à análise de projetos das duas maiores produtoras de celulose, Fibria e Suzano, que estudavam erguer novas unidades fabris de larga escala para ofertar o mesmo produto, provavelmente aos mesmos mercados consumidores. Diante de tal dilema, admite-se que as companhias tinham a escolha de investir imediatamente ou aguardar o tempo de conclusão do projeto rival, afim de analisar a viabilidade do projeto sob menores dúvidas quanto à possibilidade de sobreoferta e cenário de preços mais definido. Focando estudar como a incorporação de diferentes cenários – ditados pelo ambiente concorrencial – pode enriquecer o campo teórico e contribuir na decisão dos agentes econômicos, as análises seguintes desenvolvem-se apoiadas nos modelos de Opções Reais e Teoria dos Jogos. A partir de múltiplos cenários possíveis incorporados pelo modelo de Opções Reais, foi possível chegar a diferentes utilidades para compor o jogo. Os cálculos mostraram que a opção de aguardar não era interessante para nenhum jogador, sob nenhuma circunstância. Apesar de admitir-se que o excesso de capacidade influenciaria nos preços praticados, as empresas apenas agregariam valor aos acionistas investindo imediatamente, especialmente se sua concorrente não o fizesse. Em paralelo, também foi aplicada a técnica de Fluxo de Caixa Descontado para comparação com modelos de precificação tradicionais. Por ser menos eficiente em refletir panoramas competitivos, a informação resultante também foi limitada, indicando apenas que os projetos seriam viáveis. Sem apontar um método melhor ou pior, o modelo de Opções Reais mostrou-se mais indicado para incorporar resultados interdependentes e oferecer uma base mais sólida para a tomada de decisão.

Palavras-chave: Investimento. Teoria dos Jogos. Opções Reais. Estratégia. Competição

ABSTRACT

The purpose of this work was to analyse investment process in a competitive scenario where the decisions of an individual affect and are affected by the actions of their competitors. Such problem was applied to the project analysis of the two largest pulp producers in the world, Fibria and Suzano, which considered building new large scale factories to offer the same product, probably to the same consumer markets. Faced with such dilemma, it is assumed that the companies had the choice of investing immediately or wait the necessary time for the rival's Project be concluded, in order to analyze the viability of its own Project under smaller doubts the possibility of oversupply and a more clear price scenario. Focusing on studying how the incorporation of different scenarios – dictated by the competitive environment – can enrich the theoretical field and contribute to the economic agents decision, the following analysis are developed on the Real Options and Game Theory models. From multiple possible scenarios incorporated by Real Options, it was possible to reach different utilities to compose the decision game. The calculations showed that the decision to wait was not interesting for any player, under any circumstances. Although it is assumed that overcapacity impact prices, the companies would only add value to shareholders investing immediately, specially if its competitor didn't. In parallel, it was also applied the Discounted Cash Flow model for comparison with traditional valuation models. For being less efficient to reflect competitive panoramas, the resulting information was also limited, only indicating that the project would be viable. Not pointing a worse or better method, but the Real Options model was more suited to incorporate interdependences and provide a more solid base for decision making.

Keywords: Investment. Game Theory. Real Options. Strategy. Competition.

Sumário	
1 Introdução	8
1.1 Panorama concorrencial	8
1.2 Objetivos do trabalho.....	14
1.3 Estrutura do trabalho	15
2 Introdução à Opções reais	16
2.1 Árvore Binomial	19
2.1.1 Árvore Binomial de dois passos	22
2.2 Opções reais	25
3 Introdução à Teoria dos jogos	29
3.1 Teoria da Decisão	29
3.2 Teoria dos jogos	34
3.2.1 Conceitos de solução.....	38
4 Introdução ao Fluxo de Caixa Descontado	43
4.1 Valor presente Líquido.....	43
4.2 Fluxo de Caixa.....	45
4.3 Orçamento de capital e taxa de desconto.....	46
4.3.1 Fator beta e risco	48
4.4 Perpetuidade	52
5 Desenvolvimento do problema	55
5.1 Mercado de Celulose.....	55
5.1.1 Suzano Papel e Celulose SA	57
Fibria Celulose SA.....	58
5.2 Condições e premissas dos projetos	60
6 Aplicação dos modelos	64
6.1 Método tradicional	64
6.2 Projeção por Opções Reais	71
7 Jogo Fibria e Suzano	80

1 Introdução

De acordo com Luenberg (2009), investimento pode ser genericamente definido como o comprometimento de recursos em um determinado instante ou período de tempo, visando gerar benefícios futuros. Em algumas situações mais específicas o rendimento futuro é - na medida do possível - pré-determinado, entretanto, na maioria dos casos, o retorno em questão reside no campo da incerteza. Voltando esta definição de investimento para empresas e outros agentes econômicos, os recursos tomam a forma de capital, que são aplicados e resgatados em fluxos ao longo de um horizonte de tempo. No decorrer da elaboração de qualquer investimento que demande tais recursos, questões como funding e estrutura de capital são de suma importância, porém, os fluxos de caixa determinarão se o investimento compensa o risco e os custos de oportunidade¹. Dito isso, fica evidente que sua projeção e, principalmente, as incertezas futuras são aspectos da mais alta importância durante a tomada de decisão desses agentes.

Quanto ao futuro, há pouca necessidade de estender argumentações de quão imprevisível ele é, ou de como os cenários econômicos se alteram ao longo do tempo. Conforme relatado em *O Tao de Warren Buffet* (2007), o próprio mega-investidor considera o 'sr. Mercado' absolutamente enigmático e desconfia de qualquer um que alega saber sequer uma nesga sobre o futuro, é sensato considerar que para gestores e analistas com menos bagagem profissional este horizonte deve se apresentar ainda mais obscuro.

1.1 Panorama concorrencial

Grandes empresas, especialmente as de capital intensivo, lidam com a necessidade de realizar aplicações substanciais continuamente e sabem que suas decisões afetam os concorrentes e o mercado em geral, o que as coloca diante de um dilema nada trivial. Por um lado, estas companhias precisam manter-se competitivas, inovando ou expandindo antes que seus concorrentes o façam, mas, por outro lado, há a necessidade de ser bastante seletivo no intuito de garantir a competitividade dos

¹ DAMODARAN, Aswath. **Investment Valuation: Tools and techniques for determining the value of any asset.** Nova Iorque: John Wiley & Son Inc, 2002. 1375 p.

estão diretamente ligados à escala e reduzem o custo caixa da empresa, permitindo-a praticar preços mais competitivos no momento da venda. Ainda no que tange a competitividade, de acordo com a apresentação APIMEC 2008 da Suzano, o clima privilegiado torna o Brasil o país mais bem posicionado do mundo no cultivo de eucalipto (fibra curta), com um ciclo de corte que pode chegar a sete anos, enquanto outros países representativos dificilmente chegam a 12.

Bastante cientes de todos estes fatos, e com know how de sobra, ambas as companhias possuíam projetos significativos de expansão esperando para serem realizados. Ao final de 2009, a Suzano já possuía um plano de crescimento bastante arrojado a ser realizado até 2018, sendo um desses projetos a construção de uma nova unidade na cidade de Imperatriz (MA), com capacidade de produção de 1,5 milhão de toneladas de celulose por ano, demandando investimentos por volta de R\$ 6 bilhões, de acordo com apresentação institucional daquele ano. Já a Fibria, estudava investir R\$ 7,7 bilhões para expandir a planta já existente no município de Três Lagoas (MS) e passar a produzir mais 1,75 milhão de toneladas/ano da commodity, conforme apresentação oficial da empresa. Dentre área de plantio, reserva legal e etc, ambos os projetos contavam com a estrutura biológica necessária, e levariam quatro anos para serem concluídos.

Se por um lado o campo concorrencial oferecia motivações de sobra para que as companhias acelerassem suas respectivas expansões, o clima econômico mostrava-se especialmente incerto e incitava cautela. O segundo semestre de 2008 foi marcado pelo início da maior crise financeira global desde 1929. Em 19/09/2008, o pedido de concordata do banco de investimentos norte-americano, Lehman Brothers², foi um dos eventos mais simbólicos e considerado o estopim para o contágio da crise hipotecária subprime dos Estados Unidos, que se arrastou até os primeiros meses de 2009, quando as principais bolsas internacionais registraram as cotações mais baixas do período.

² CRAIG, Susanne et al. The weekend that wall street diet: Ties that long united strongest firms unraveled as Lehman sank toward failure. **Wall Street Journal**, business. Dec. 28, 2008. Disponível em: <http://www.wsj.com/articles/SB123051066413538349> Acessado em 10 de setembro de 2015.

Este é o cenário base para o problema de decisão de investimentos. Ambas as empresas com todos os motivos para investir, mas pouco podiam fazer diante de um ambiente, no mínimo, duvidoso. Por fim, havia ainda um último fator que deveria ter sido levado em conta: o ganho de capacidade envolvido em ambos os projetos tinha o potencial de impactar os preços a serem praticados. De acordo com Donatelli (2011), em 2009, a demanda mundial por celulose de eucalipto totalizou 14,2 milhões de toneladas. Logo, os 3,25 milhões de toneladas envolvidos nos projetos entregariam ao mercado mais 22,9% de todo o consumo mundial naquele ano. Havia a grande questão de se o mercado consumidor absorveria esta capacidade extra. A resposta teria reflexo direto no preço praticado pelas empresas, com consequente impacto em rentabilidade e geração ou destruição de valor para a empresa. Em tal contexto, as chances de cada agente praticar melhores preços em seu novo projeto estariam ligadas a seu concorrente não expandir produção, minimizando as chances de haver sobreoferta. No mesmo sentido, caso a demanda não acompanhe o aumento de oferta, a empresa que não investir terá tomado a inteligente – e às vezes subestimada – decisão de não se arriscar a destruir o valor que já possui, enquanto a rival arcará com prejuízos.

A situação de Suzano e Fibria ao final de 2009 era bem similar à das farmacêuticas americanas nos anos 1990, e pode ser resumida na dúvida se a soma das decisões e independentes de cada um pode gerar um cenário menos atrativo para todos. Neste caso em específico, a possibilidade de haver sobreoferta e a continuidade da recuperação econômica seriam os dois principais fatores de incerteza. Porém, ambas as empresas possuem a opção de realizar o mesmo investimento em um momento futuro, quando (pelo menos) essas fontes de dúvida poderiam ter sido esclarecidas. Evidente que cada uma possuía flexibilidade para escolher dar início ao projeto em qualquer data a partir de 2010, porém, por questões de simplificação, será pressuposto que, caso uma optasse por aguardar, esta só daria início à nova unidade após o período estimado para a conclusão do projeto rival - no caso, quatro anos. É uma prerrogativa de que, por exemplo, se a Suzano optou por aguardar o investimento da Fibria, ela optou pela mitigação dos vetores de incerteza – possibilidade de sobreoferta e recuperação econômica – e, para tanto, ela aguardaria a conclusão do projeto concorrente, com horizonte de preços e conjuntura mais bem definidos. Essas prerrogativas e simplificações resumem-se na

A questão é que o FCD recai sobre um fluxo de caixa projetado para cada instante do tempo, implicando em uma estrutura ‘engessada’ e com pouco espaço para incorporar variações além da projetada. Evidente que cada projeção pode ser elaborada considerando um leque de possibilidades ou, como de costume dos analistas, considerar cenários ‘pessimista’, ‘provável’ e ‘ótimista’, porém, ainda aplicados sobre uma estrutura determinística. Para contornar este problema, será utilizado o modelo de Opções Reais que incorpora, de maneira bastante eficiente, a pluralidade de possíveis estados da natureza, não apenas nos fluxos, mas dentre as possíveis ações que cada empresa pode tomar. Este método determina o valor da flexibilidade como, por exemplo, no caso em que uma empresa, a qualquer momento, pode decidir por alienar os ativos de um projeto. O valor de mercado dessa alternativa seria análogo à precificação de uma opção de venda – *put* – americana, cujo valor dos ativos corresponderia ao preço de exercício.

No caso estudado, uma importante contribuição será a incorporação de uma árvore binomial dos possíveis preços de venda da celulose. Ao contrário do FCD, o valor presente do projeto será resultado de uma combinação de diversas cotações possíveis que serão calculadas com base em volatilidade e probabilidade observadas empiricamente nas oscilações passadas da commodity. Mais detalhes do modelo serão especificados adiante. Esta metodologia incorpora um nível considerável de flexibilidade e oportunidades que condizem com as características de um jogo entre dois competidores, enquanto o FCD servirá apenas para um comparativo das propostas do trabalho com modelos mais tradicionais de tomada de decisão.

1.2 Objetivos do trabalho

Este trabalho não visa questionar modelos de previsão ou fazer qualquer esforço no sentido de antecipar variáveis. O foco é explorar um dos diversos vetores de incerteza que é o impacto e influência das decisões a serem tomadas pelos gestores – fator endógeno – sobre o mercado e seus concorrentes. Aplicando um modelo de precificação alternativo, diferentes retornos podem ser analisados sob a ótica da Teoria dos Jogos para auxiliar os agentes a realizar decisões que maximizem sua utilidade.

2 Introdução à Opções Reais

Um bom analista aponta o valor escondido em uma empresa. Valor presente sob diferentes formas que, se fossem evidentes, seriam capturadas pelos modelos de precificação mais tradicionais e provavelmente já estariam incorporadas ao preço de mercado, não restando muito a descobrir, de acordo com Cance e Peterson (2002). Conforme mencionado anteriormente, o modelo de Fluxo de Caixa Descontado não é largamente utilizado à toa. É um método relativamente simples em que os fluxos de caixa projetados são descontados pelo custo ponderado de capital esperado e somados ao valor presente dos investimentos correspondentes. A abordagem é abrangente e pode ser aplicada à precificação de empresas e projetos. Entretanto, algumas limitações passam ser mais evidentes quando analisados casos mais complexos. Investimentos no mundo real apresentam oportunidades como expansão e abandono do projeto, dentre outros, e contam com uma flexibilidade que não é incorporada pelo FCD. Diferentes decisões podem ser tomadas ao longo do tempo e impactam diretamente a expectativa de fluxos e valor, sendo denominadas opções de flexibilidade. Esta flexibilidade está associada às diversas estratégias as quais os gestores da companhia podem recorrer, também possui valor, e o processo envolvido será discutido neste capítulo sobre Opções Reais.

Uma opção representa o direito, mas não a obrigação, de tomar determinada decisão no futuro. Brach (2003) define opção como a liberdade de escolha após a revelação de informações. No segmento financeiro, o mercado de opções engloba contratos de compra ou venda que possibilitam seu titular negociar ações ou divisas em uma data futura sob condições pré-estabelecidas. É um contrato que pode ser exercido a qualquer data antes do prazo final estabelecido, no caso das chamadas opções americanas, ou exclusivamente no vencimento - opções europeias. O detentor de uma opção de compra, ou *call*, tem o direito de exercer a compra de determinada quantidade de ações, a um preço pré-estabelecido, e em data futura previamente acordada. Já o portador de uma *put* possui um título semelhante, mas que lhe dá o direito de vender o ativo. Descolando-se do lado financeiro, as Opções Reais possuem características semelhantes, porém, seu ativo-objeto encontra-se no mundo real, mas não necessariamente no mundo físico. De acordo com Brach (2003), ações estratégicas de investimento são decisões de comprar, vender ou de

escolha (exercer ou não a opção). Abaixo, estão reproduzidas as principais classes de Opções Reais, elaborada pelos autores Don M. Chance e Pamela P. Peterson no livro *Real Options and Investment Valuation*, de 2002.

Tipo de Opção	Descrição
Abandono	Opção de encerrar o uso do ativo, exercendo-o pelo valor residual
Flexibilidade de troca	Possibilidade de alteração do mix de produtos ofertados, frente alteração da demanda
Entrada e saída	Opção de sair de um investimento e retomá-lo quando as condições se mostrarem mais favoráveis
Direito de postergar	Possibilidade de postergar os investimentos até que ele se mostre mais lucrativo
Investimento em estágios	Flexibilidade de investir em estágios, ou fases, podendo sair quando mais informação for disponível
Crescimento	Escolha de capitalizar um investimento mais antigo
Interação de opções	Caso em que uma opção apresente mais de uma das especificidades acima

Há muitos paralelos que podem ser traçados entre opções financeiras e reais, logo, o valuation envolvido também é similar. Apesar do modelo de Black & Scholes - largamente utilizado na precificação de opções de ações, moedas, etc – não ser o mais indicado para preificar opções reais, sua metodologia serve de alicerce para diversos outros trabalhos sobre opções³. Mesmo com o vasto potencial para aprofundamentos que este tema possui, o modelo desenvolvido por Black e Scholes em 1979 – e premiado com o Nobel de economia em 1997 - não será aplicado aos estudos a seguir. O caso estudado enquadra-se na subdivisão “Direito de Postergar” apontada acima, e será desenvolvido sob a perspectiva de derivativo financeiro, mas

³ BRACH, Marion A. *Real Options in Practice*. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 2003. 370 p.

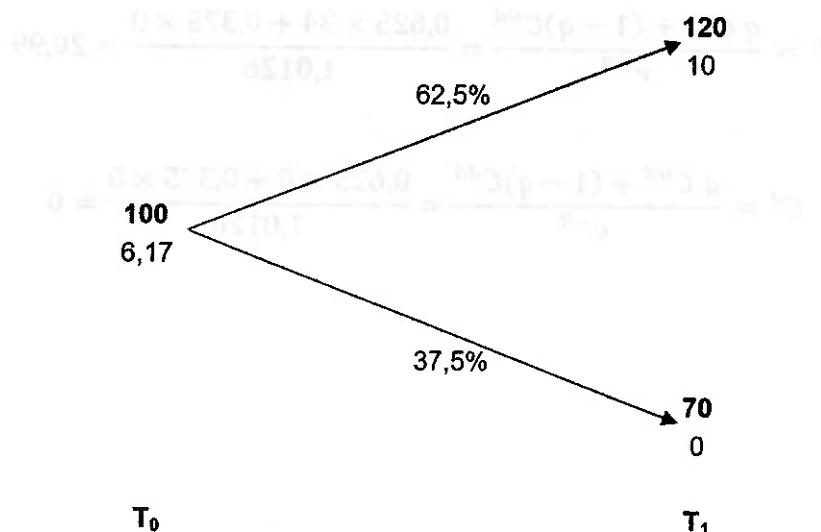
janelas de oportunidade limitadas, as quais ficam pouco tempo abertas devido ao deslocamento de oferta e demanda proveniente dos arbitradores. Por esta razão, a chamada taxa livre de risco – remuneração oferecida pelos emissores de dívida com menor risco de crédito – toma lugar da taxa de desconto ajustada ao risco da empresa, como empregado no FCD. Dito isso, vejamos o modelo de Árvores Binomiais para a precificação de uma opção de compra europeia.

Suponha que uma ação hipotética esteja valendo R\$ 100 atualmente, e que se deseja especificar sua respectiva opção de compra, sem possibilidade de exercício antecipado, e vincenda em três meses, com preço de exercício de R\$ 110. Segundo dados históricos, sabe-se que neste intervalo de tempo a ação pode cair 30% com probabilidade de 0,4 ou subir 20% com probabilidade 0,6. A remuneração do ativo livre de risco é de 5% ao ano. As notações usadas são:

S_0	=	100	=	Valor atual do ativo-objeto
K	=	110	=	Preço de exercício ou <i>strike</i>
p	=	0,6	=	Probabilidade de alta - up
$(1-p)$	=	0,4	=	Probabilidade de queda - down
u	=	+20%	=	Variação em caso de alta
d	=	-30%	=	Variação em caso de queda
r_f	=	5%	=	Taxa livre de risco anual

Primeiramente, calculam-se os possíveis valores da ação no vencimento. O ativo poderá valer $S^u = S_0 * u$ com probabilidade p , ou $S^d = S_0 * d$ com probabilidade $(1-p)$. Em três meses, a ação tem 60% de chances de valer $S^u = 100 * 1,2 = 120$ e 40% de chances de valer $S^d = 100 * 0,7 = 70$. Ao final do período, o payoff da opção será exatamente a diferença do preço à vista (S_1) para o preço de exercício, ou *strike*. No caso de desvalorização do ativo-objeto, o derivativo valerá zero, pois, frente um payoff negativo – comprar a R\$ 100 um ativo negociado a R\$ 70 – o investidor racional não exercerá sua opção, deixando-a expirar. O valor dessa Call no vencimento acompanha os dois cenários possíveis e é calculado por

$$C^u = \max(S^u - K; 0) \quad \text{e} \quad C^d = \max(S^d - K; 0)$$



2.1.1 Árvore Binomial de dois passos

Uma vez compreendido o processo envolvido em uma árvore de apenas um passo, o modelo com dois ou mais intervalos de tempo necessita de pouca introdução teórica. Assim como no exemplo anterior, os possíveis valores da opção em cada cenário, ou nó, serão descontados de um instante de tempo ao período imediatamente anterior, em processo de backward induction – pela falta de um termo apropriado em português. Os valores calculados em T_2 são descontados até T_1 , e descontados novamente até T_0 . Agora com três períodos de tempo, os parâmetros de probabilidade e volatilidade permanecem os mesmos e cada um dos nós de T_1 podem gerar mais duas ramificações semelhantes. Ao final, em T_2 , a ação objeto pode ter três valores possíveis S^{uu} , S^{ud} e S^{dd} , que refletem os valores após duas altas seguidas, uma alta e uma queda e duas quedas seguidas, respectivamente. Abaixo estão os cálculos do exemplo.

$$C^{uu} = \max(S^{uu} - K; 0) = \text{MAX}(144 - 110; 0) = 34$$

$$C^{ud} = \max(S^{ud} - K; 0) = \text{MAX}(84 - 110; 0) = 0$$

$$C^{dd} = \max(S^{dd} - K; 0) = \text{MAX}(49 - 110; 0) = 0$$

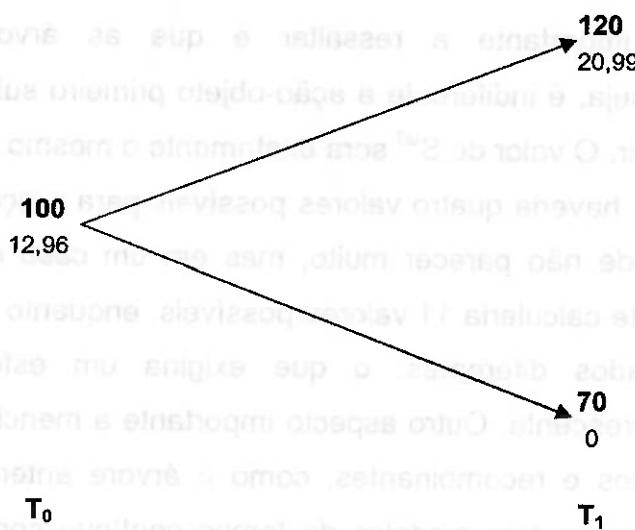
Aplicando a mesma fórmula de *Backward Induction* do caso anterior, temos

Com os payoffs calculados em T1, o valor presente em T0 pode ser estimado da mesma maneira.

$$C_0 = \frac{q C^u + (1 - q) C^d}{e^{-R}} = \frac{0,625 \times 20,99 + 0,375 \times 0}{1,0126} = 12,96$$



Figura 2 - Representação dos nós em T₀



Segue abaixo a representação gráfica da árvore completa.

Figura 3 – Árvore binomial completa

S.S. Objetivo Robia

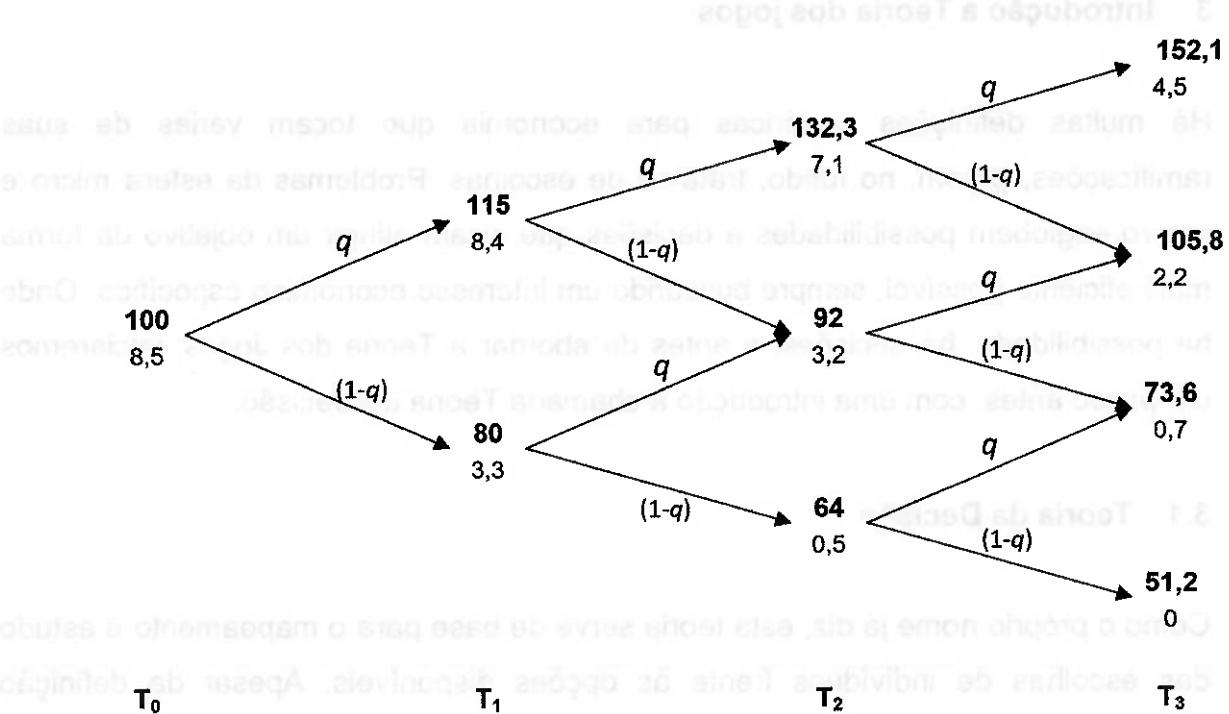
induction. O valor calculado será comparado ao valor presente líquido dos investimentos necessários. Se o valor for positivo, o investimento é considerado viável, e quanto mais elevado, mais atrativo.

Tomemos o exemplo de uma montadora que estuda comprar a patente de um novo motor para carros elétricos. Por questões de simplificação, vamos supor que este investimento seria capaz de gerar resultados já no instante T_0 . A equipe de planejamento projeta que seu carro, lançado com tal tecnologia, teria uma fatia de 5% do mercado mundial de veículos elétricos – que fatura US\$ 100 milhões/ano - e esta proporção seguiria constante nos próximos anos. Os custos de fabricação destes veículos seriam fixos em US\$ 3 milhões anuais e os Royalties pagos totalizariam 3% do fluxo operacional. Entretanto, o segmento de veículos elétricos ainda se encontra em estágio incipiente de maturação, persistindo dúvidas quanto à evolução de infra-estrutura e, principalmente, demanda por parte dos consumidores. A mesma equipe também analisou que a demanda mundial do segmento tem 40% de chance de crescer 15% e 60% de chance de retrair 20% a cada ano. Por questões estratégicas, os três anos seguintes são os mais significativos e não será levado em conta alienação dos ativos ou seu valor na perpetuidade. O retorno do ativo livre de risco é de 5% ao ano.

Neste caso, o lucro da montadora é uma função da evolução da demanda mundial (ativo-objeto), e o projeto em si segue a mesma dinâmica de uma opção de compra do tipo europeia. Talvez o principal paralelo a ser traçado com a precificação de opções financeiras seja o conceito de preço de exercício, no caso, análogo ao custo de produção. Pelo mesmo motivo que um investidor não exerce uma opção de compra com um strike acima do preço de mercado, o gestor da companhia não produzirá automóveis caso os custos superem o faturamento. Portanto, o payoff no último ano projetado será dado por

$$f^n = \max (\text{Fluxo de Caixa} - K; 0)$$

Neste caso simplificado, o fluxo de caixa para a empresa é representado por



Note que apenas no pior cenário de T3 o faturamento fica abaixo dos custos, desestimulando a produção. Apesar dos fluxos positivos superarem os negativos, o projeto não é viável, pois os US\$ 8,5 milhões de valor presente não superam os US\$ 10 milhões necessários para seu custeio.

Mais que considerar diversos cenários possíveis para uma variável, o modelo de Opções Reais agrupa flexibilidade para o analista incorporar diversos fatores endógenos e exógenos que, por outro modelo, não seriam refletidos no valuation. O uso de árvores binomiais oferece a chance de flexibilização de cada nó para melhor refletir possíveis impactos no projeto, inclusive, possibilitando mudanças na simetria da árvore, conforme alterações em taxas de crescimento, remuneração do ativo livre de risco, dentre outros.

Dada as possíveis utilidades atribuídas a cada opção, o agente escolhe qual melhor atende suas necessidades. Importante frisar que o agente racional procura a opção que maximize sua utilidade, mas que esta não corresponde, necessariamente, à quantidade absoluta de um bem. Conceitos de preferência e utilidade marginal decrescente fazem com que nem sempre um indivíduo vá preferir cada vez mais de um bem ou serviço. Evidente que esta relação entre quantidade e utilidade muitas vezes é positiva, especialmente em abordagens econômicas, onde se utiliza payoffs expressos em valores monetários. Segundo Siegfried (2006), assim como o objetivo no basquete é fazer cestas e, em um jogo de xadrez, eliminar o rei adversário, a utilidade das escolhas muitas vezes são claras e associadas a valores mais altos, porém, não se trata de uma regra. Como os jogos são, muitas vezes, expressos em termos monetários, a premissa de racionalidade em um ambiente econômico visa maximizar o lucro e buscar a alternativa com o maior retorno esperado. Assim, dentre as alternativas disponíveis, fica simples estabelecer uma ordem de preferências. Por exemplo, um investidor com um conjunto de opções que podem lhe gerar \$ 1.000, \$ 2.000 ou \$ 3.000 - todos com o mesmo risco - pode ter suas preferências expressas por

$$3000 > 2000 > 1000$$

Do mesmo modo que \$ 2.000 é preferível a \$ 1.000, \$ 3.000 também é preferível a \$ 1.000. Este é o chamado axioma da transitividade, no qual uma opção com utilidade muito elevada é preferível a todas as outras de menor utilidade. A tabela logo abaixo sintetiza melhor as variáveis mencionadas, e facilitam a interpretação dos axiomas sobre essa e outras relações de preferência

Conjunto de Agentes	$N = \{n_1, n_2, \dots, n_n\}$
Conjunto de Estados da natureza	$S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$
Conjunto de Resultados	$O = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$
Conjunto de Probabilidades	$P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$
Conjunto de Loterias	$L = \{(o_1, p_1), (o_2, p_2), \dots, (o_n, p_n)\}$

Axioma 5 – Monotonicidade: Este axioma defende que se o agente tiver preferência por determinado resultado, este agente também preferirá uma loteria que atribua uma maior probabilidade à esta opção preferida

$$o_1 > o_2 \text{ e } 0 \leq q < p \leq 1$$

$$\text{Logo, } l1 = \{(p, o_1), (q, o_2)\} > l2 = \{(q, o_1), (p, o_2)\}$$

Axioma 6 – Continuidade: Derivado de outros axiomas, este diz que pode haver indiferença entre um resultado e uma loteria de possíveis resultados do mesmo conjunto, dependendo da probabilidade atribuída.

Em um conjunto (o_1, o_2, o_3) onde $o_1 > o_2 > o_3$ existe $p \in [0, 1]$ tal que $o_2 \sim \{(p, o_1), ((1-p), o_3)\}$.

Deixando um pouco o campo teórico, cabe um exemplo para entender melhor como a Teoria das Decisões auxilia no mapeamento e na tomada de decisões diante de múltiplas escolhas e múltiplos jogadores. No livro *Multiagent Systems: Algorithmic, Game Theoretic, and Logical Foundations*, de 2009, os autores Kevin Leyton-Brown e Yoav Shoham citam um problema fictício, relativamente complexo, mas bastante didático.

Alice possui três opções de entretenimento para sábado à noite. Ela pode sair para a balada c (club), ir ao cinema m (movie) ou assistir um filme em casa sozinha h (home). A utilidade esperada para Alice em cada caso é de 100 c , 50 m e 50 h .

Porém, Alice também considera a possibilidade de cruzar com Bob, um antigo desafeto que reduz a utilidade de Alice quando juntos no mesmo local. De fato, a presença de Bob reduz em 40 a utilidade proporcionada pelo cinema e 90 a utilidade da balada. Por outro lado, Alice tem uma amiga, Carol, que, quando presente, consegue aumentar em 50% sua utilidade (depois de contabilizado o impacto de Bob). Todos os três podem estar presentes nos locais públicos e não se conversaram nem combinaram nada previamente. Para ajudar a assimilar a utilidade esperada dependendo do local e da presença de Bob, Carol ou ambos, pode se estabelecer matrizes de payoffs como as seguintes.

Quando comparadas as funções utilidades, levando-se em conta a utilidade 50 de ficar em casa h e o axioma da transitividade, conclui-se a opção de ir para a balada é preferível a ficar em casa, que é preferível a ir ao cinema.

$$51,75 > 50 > 46,75$$

$$c > h > m$$

Apesar de ser básico, este exemplo é bastante ilustrativo e demonstra como a Teoria da Decisão é capaz de incorporar uma quantidade relativamente alta de variáveis para balizar uma decisão que, de outra maneira, seria tratada de forma subjetiva.

3.2 Teoria dos jogos

A Teoria das Decisões consiste em um ferramental simples, porém útil, para balizar decisões dos agentes econômicos. Entretanto, problemas mais complexos e práticos também precisam levar em conta as motivações e preferências dos outros jogadores. O exemplo da seção anterior explorou o ponto de vista e os trade-offs de Alice, mas uma abordagem mais realista levaria em conta as ponderações feitas por Bob e Carol. Ao invés de probabilidades, suas ações seriam pautadas no mesmo princípio de maximização de utilidade e estudo das opções disponíveis e, nesse sentido, a Teoria dos Jogos é mais abrangente. A partir do momento que se leva em conta que o outro jogador fará suas escolhas de forma racional – não mais aleatória ou probabilística –, a Teoria das Decisões não é mais suficiente para descrever esta realidade.

Leyton-Brown e Shoham (2009) definem Teoria dos Jogos como o estudo matemático da interação entre agentes independentes que buscam a maximização de sua utilidade esperada. O modelo ainda considera um outro fator de suma importância que é a interdependência. Para cada estado da natureza, o indivíduo tem suas utilidades impactadas pela decisão do outro agente. Voltando ao exemplo citado, seria como se Carol e Bob também tivessem opiniões sobre a presença um do outro e sobre a presença de Alice, o que interferiria na utilidade e ação de cada

de um bem, e que este bem será distribuído em sua totalidade, ou diante de um jogo no qual os resultados das decisões não seguem essa soma constante.

A vasta combinação possível de jogos a serem propostos permitiu estudos e aprofundamentos igualmente extensos em cada situação possível e, apesar de cada jogo ter a mesma relevância teórica, este trabalho focará apenas em jogos estáticos com informação completa. Apenas dois jogadores racionais ponderando entre duas decisões distintas e com payoffs interdependentes. Por exemplo, suponha que determinado bairro possua apenas duas academias de musculação, academia Skilp e Tera, e que elas atendem totalmente os habitantes desta região. A academia Skilp tem 800 alunos matriculados e a Academia Tera, 1.000. Ambas possuem uma mensalidade de \$ 90, são bastante similares na qualidade dos aparelhos que possuem, o que as torna praticamente equivalentes para os alunos. Agora suponha que ambas possuem capacidade ociosa e estudam a possibilidade de investir em uma determinada linha de equipamentos novos afim de se destacar e atrair alunos da concorrente. Segundo os cálculos de uma consultoria, a vantagem de possuir ativos mais modernos resultaria em um ganho de market share em torno de 20%, enquanto que o equilíbrio de qualidade não alteraria a preferência dos alunos. Considerando que os equipamentos apresentam o mesmo ritmo de depreciação que os atuais e que os alunos matriculados não representam custo variável – uma vez que as máquinas não dependem de energia ou qualquer outro recurso para serem utilizadas -, o lucro de cada academia segue de perto seu nível de receita. Já considerando o valor residual dos aparelhos antigos, o investimento necessário para cada academia é de \$100.000.

Importante notar que o retorno de cada agente não depende apenas do seu investimento, mas da decisão de investir ou não do seu rival. Como estratégias similares geram equivalência sem alteração do cenário atual, a possibilidade de ganho econômico está condicionada à exclusividade no investimento.

Primeiramente, representa-se o jogo na chamada forma normal, que corresponde à (N, A, u) , onde $N = (1, 2, \dots, n)$ é o conjunto de jogadores; $A = (A_1, A_2, \dots, A_n)$ representa um conjunto finito de ações possíveis com $a = (a_1, a_2, \dots, a_n) \in A$

		Tera			
		investe		não investe	
		investe	764	980	1.153
Skilp	investe	764	980	1.153	691
	não investe	475	1.369	864	1.080

O jogador que for o único a investir conseguirá atingir um ganho econômico, pois captará 360 alunos – 20% dos 1.800 alunos do bairro – da concorrente. Note que a Skilp é especialmente sensível ao ganho/perda das 360 matrículas, uma vez que esta dispõe de menos alunos no presente. Outra importante conclusão é que o pior cenário para qualquer agente seria a hipótese de ambas investirem, o que não alteraria a atual distribuição dos alunos e apenas demandaria gastos sem retorno.

3.2.1 Conceitos de solução

Ao invés de explorar cada singularidade do exemplo tratado, a seguir, serão aplicados três dos mais utilizados conceitos de solução que levam em conta as decisões dos outros agentes. Trata-se do Ótimo de Pareto, Melhor Resposta e Equilíbrio de Nash.

3.2.1.1 Ótimo de Pareto

O conceito de otimização em Pareto está baseado na busca por determinar se um conjunto de saídas é preferível a outro. Uma estratégia cogitada foi a de somar as utilidades resultantes de cada cenário – ou um quadrante da matriz – e selecionar a de valor mais alto. Entretanto esse valor mais elevado por vezes diz respeito apenas ao payoff desproporcional de um dos agentes, possivelmente, em prejuízo do outro. Este método não se aplica como solução, pois a utilidade de um jogador não sobrepuja à do seu concorrente, não há uma solução melhor e definitiva, que fale mais alto que outra no mesmo cenário. Entretanto, há a possibilidade de se afirmar que uma saída é preferível em relação a outra, mesmo levando em conta as diferentes utilidades dos jogadores, e sem privilegiar um payoff. Por exemplo, suponha que certo quadrante de um jogo trouxe utilidades em diferentes unidades

		Tera	
		investe	ñ investe
Skilp	investe	764	980
	ñ investe	475	1.369

Diante de um possível investimento da Tera, a Skilp pode investir também e ter um payoff de 764, ou não investir e ter um retorno de 475, deixando claro que a melhor resposta da Skilp é investir. No caso da Tera não investir, a Skilp também deverá investir, afim de receber um payoff de 1.153.

Tabela 3.4 - Matriz de utilidades Tera não investe

		Tera	
		ñ investe	investe
Skilp	ñ investe	1.153	691
	investe	864	1.080

O mesmo tipo de análise pode ser feito observando as melhores respostas da Tera para estratégias da Skilp. Face a um investimento rival ou uma postura neutra da mesma, a Tera responderia investindo sob qualquer circunstância.

Tabela 3.5 - Matriz de utilidades Skilp investe

		Tera	
		investe	ñ investe
Skilp	investe	764	980
	ñ investe	1.153	691

Tabela 3.6 - Matriz de utilidades Skilp não investe

seja, ainda há uma alternativa com payoffs mais atrativos para ambos o jogadores. Esta conclusão, além de curiosa, mostra claramente como estratégias de jogo podem variar conforme a ótica passa do jogo como um todo para as decisões dos indivíduos isoladamente. Apesar de $u(não investe, não investe)$ apresentar utilidades mais atrativas para todos, o risco de ter seu concorrente investindo e ganhando mercado consumidor implica em perdas representativas de receita. Esta situação hipotética demonstra bem como a situação concorrencial molda as ações dos jogadores. Seguindo o equilíbrio de Nash, ambos os players escolheriam um conjunto de estratégia sub-ótimo do ponto de vista dos retornos, mas competitivo em termos concorrenenciais.

As saídas deste jogo assemelham-se ao famoso Dilema dos Prisioneiros, e não só apresentam uma solução pouco intuitiva, como também instigam a refletir sobre as outras mais variadas formas de jogo existentes. Por exemplo, essa mesma situação analisada para jogos cooperativos teria solução no Ótimo de Pareto, a possibilidade de jogos dinâmicos permitiria ganho de market share por uma delas, dentre outros. Os fundamentos apresentados, apesar de básicos são suficientes para a compreensão do caso estudado pelo trabalho.

Valor Presente Líquido - VPL

$$VPL = \frac{PMT}{r} \times \frac{1 - (1 + r)^{-n}}{(1 + r)^{-1}}$$

$$VPL = -VP_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t}$$

Onde,

4.5 Fluxo de Caixa

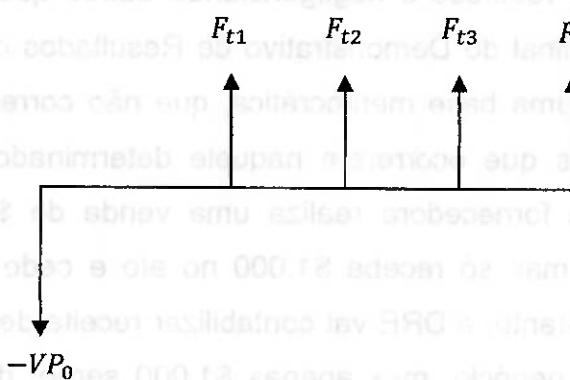
$-VP_0$ = Valor do investimento

F_t = Fluxo esperado para o instante t

r = taxa de desconto

O fluxograma a seguir demonstra a dispersão das entradas e saídas de caixa para este caso

Figura 5 – Fluxograma de investimentos



Com a base do VPL montada, basta alterar os inputs descritos acima para variáveis mais plausíveis do ponto de vista da administração financeira e é possível desenvolver o modelo de Fluxo de Caixa Descontado. Apesar de soar bastante simples, estimar essas variáveis no mundo real não é uma tarefa exatamente trivial. Começando pelo mais simples, $-VP_0$ representa o valor investido em capital fixo, ou capex. Trata-se do valor presente dos investimentos necessários. Do mesmo modo que os fluxos positivos futuros não possuem o mesmo valor hoje, os investimentos também têm seu valor alterado ao longo do tempo. Suponha que um projeto demande investimentos de \$ 50.000, \$ 70.000 e \$ 30.000, respectivamente dispostos em três anos consecutivos já a partir do ano zero. Levando em consideração uma taxa de desconto de 10% ao ano, o valor presente desses investimentos será

impostos, ou, em outras palavras, é o fluxo disponível para ser distribuído aos donos na forma de dividendos ou através de programas de recompra. Abaixo, a estruturação detalhada por Damodaran (2002) para ambos os fluxos de caixa.

= Lucro Líquido

- (Despesas de Capital - Depreciação)
- (Variação não-caixa em Capital de giro)
- + (Novas dívidas - Pagamento de principal)

= Fluxo de Caixa Livre para o Acionista

- + (Despesas de Juros * (1-imposto) + Pagamento de principal - Novas dívidas)

- + Dividendos Preferenciais

= Fluxo de Caixa Livre para a Empresa

Por fim, trataremos da taxa de desconto apropriada para cada caso. Em Administração Financeira, 8^a edição, Jordan, Ross e Westerfield (2008) propõem que todos os fluxos devem ser trazidos a valor presente por uma taxa que reflete os fatores de risco. Quanto maiores os riscos, maior a taxa de desconto. O custo do capital empregado é utilizado como taxa de desconto, pois reflete o custo de oportunidade dos provedores de capital, tanto próprio quanto de terceiros. As taxas de retorno demandadas por acionistas e credores resultam de uma avaliação das opções de aplicação do mercado, onde existem títulos considerados livres de risco, com baixa remuneração, e aplicações de renda variável. Dentro desse espectro, o projeto possui uma taxa de desconto correspondente a seu nível de risco. É válido salientar que diferentes abordagens de fluxo de caixa implicam em diferentes taxas. Se o objetivo for especificar o valor do investimento para os acionistas, utiliza-se o fluxo de caixa para o acionista descontado pelo custo do capital próprio apenas. Porém, se o objetivo é analisar a decisão de investimento do ponto de vista da empresa, a taxa de retorno deverá representar um custo médio ponderado de capital entre as duas fontes de financiamento da empresa – acionistas e credores.

4.3 Orçamento de capital e taxa de desconto

Os exemplos seguintes serão voltados para o valuation da empresa como um todo, pois, além de se encaixar melhor no problema estudado, oferece um respaldo

$$T_{passado} = \frac{\text{Impostos UDM}}{\text{LAIR UDM}}$$

Desp Financeiras UDM

$$K_d\text{ passado} = \frac{\text{Desp Financeiras UDM}}{\text{Passivo circulante} + \text{Passivo não circulante}}$$

Apesar de esclarecer que tais taxas devem projetadas e que aplicá-las cegamente no modelo poderia ser um erro, tal cálculo sobre taxas praticadas no passado pode servir como uma boa base de partida para o analista. Diante das taxas praticadas no passado, a pessoa responsável pode incorporar desvios, mudanças de cenários, ou inclusive mantê-los, se assim julgar válido.

Já a determinação do custo do capital próprio necessita de um processo um pouco mais elaborado, pois, apesar de também ponderar outras aplicações financeiras, o retorno exigido pelos acionistas não é explícito, e necessita ser estimado. A despeito de haver outros métodos para estimar esta taxa – também com seus pontos fortes e limitações -, o modelo que melhor se aplica ao problema estudado, é o *Capital Asset Pricing Model*, ou apenas CAPM. Nele, o retorno exigido será determinado pelo custo de oportunidade e pelo risco que o negócio representa. Sua fórmula segue logo abaixo.

$$K_e = R_f + \beta(R_m - R_f)$$

Onde,

K_e = taxa de retorno exigida pelo acionista

R_f = taxa de retorno do ativo livre de risco

R_m = taxa de retorno esperada do mercado

β = risco sistêmico associado ao negócio

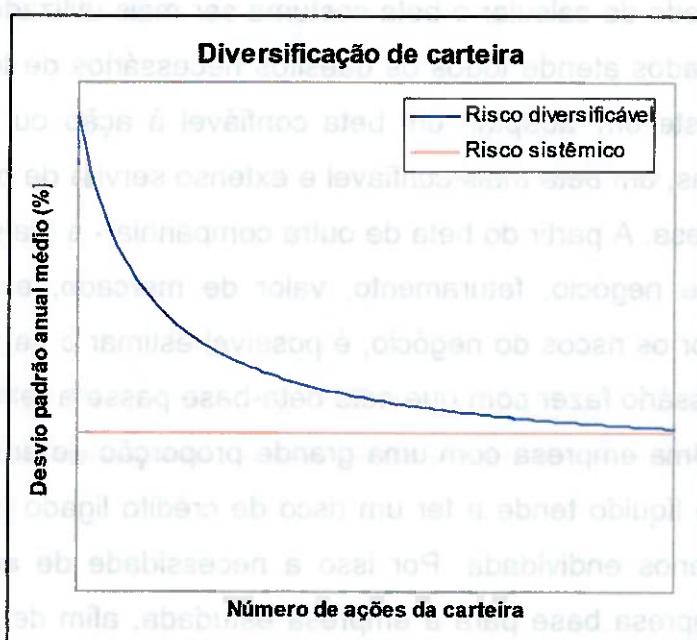
4.3.1 Fator beta e risco

O conceito de ativo livre de risco se refere a aplicações em títulos de dívida de emissores com o mais alto status de bom pagador, geralmente associados a títulos soberanos de países com os ratings mais elevados. A possibilidade de o indivíduo ter à sua disposição uma aplicação virtualmente livre de risco, o faz ponderar que

$Cov(i,m) = \text{covariância entre os retornos de i e m}$

$\sigma_m^2 = \text{variancia do retorno de m}$

Figura 7 – Variação do risco em portfólios diversificados



Se fosse preciso transcrever a fórmula do CAPM, bastaria dizer que a racionalidade do investidor não o permite aceitar correr riscos por um retorno menor do que teria sem correr riscos, e o prêmio exigido dependeria do nível de risco sistêmico que a aplicação representa.

Há duas maneiras distintas de se calcular o beta. A primeira e mais direta, pode ser aplicada quando existe uma base de dados extensa e confiável de oscilações do valor dos ativos da empresa, pois esse método assume que todos os fatores de risco sistêmico estão devidamente refletidos em sua variação de preço em relação ao benchmark. Tal qual em um mercado de ações, a confiabilidade desses dados será função também da liquidez do papel e do mercado em geral, uma vez que ativos mais negociados tendem a precisar melhor os fatores de risco e incorporar expectativas.

$$\beta = \frac{\text{Cov}(i, m)}{\sigma_m^2}$$

Onde,

Capex = valor presente do investimento em ativos fixos

FCLE = fluxo de caixa livre para a empresa

WACC = custo médio ponderado de capital

4.4 Perpetuidade

Note que o modelo acima presume fluxos similares ao longo de todo o horizonte de previsão, porém, também há casos em que o analista projeta um crescimento dos retornos baseado em determinadas especificidades da empresa e do setor. Para agregar este potencial de crescimento, o modelo de crescimento de Gordon – que incorpora uma taxa de crescimento constante g – faz importantes contribuições ao método de fluxo de caixa descontado⁵. Sem se estender muito nesse quesito, tal modelo, também conhecido como modelo de Gordon e Shapiro, foi concebido originalmente para apreçamento de ações, mas teve sua aplicação estendida para outras áreas como desenvolvimento sócio econômico, dentre outros. Levando-se em conta que os fluxos em questão vão crescer a uma determinada taxa g por um período n , o valor presente desses fluxos pode ser representado por

$$VP_{\text{série de pagamentos crescentes}} = \text{Fluxo} \left[\frac{1 - \left(\frac{1+g}{1+r} \right)^n}{r-g} \right]$$

$$VP_{\text{perpetuidade crescente}} = \frac{\text{Fluxo}}{r-g}$$

Onde,

F = fluxo

g = taxa de crescimento

r = taxa de desconto

n = prazo

Estendendo um pouco mais a aplicabilidade do modelo de FCD, é possível estipular dinâmicas de fluxos com múltiplos estágios e ritmos de crescimento – tal qual o modelo acima – e também seu valor em casos em que não há um prazo definido.

Esses casos chamados de perpetuidade, ocorrem as vezes com mais frequência do

⁵ JORDAN, B. D.; ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W. Administração financeira. 8^a edição. [S.I.]: Mc Graw Hill, 2008. 795 p.

modelo de dois estágios sem crescimento em um primeiro momento, e elevação gradual de sua rentabilidade sem prazo determinado.

$$VP = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^n} + \frac{\frac{F_{perpetuidade}}{r-g}}{(1+r)^{n+1}}$$

Aplicando o modelo ao problema, temos

$$VP = \frac{1.000}{(1+0,1)^1} + \frac{1.000}{(1+0,1)^2} + \frac{1.000}{(1+0,1)^3} + \frac{1.000}{(1+0,1)^4} + \frac{\frac{1.000}{0,1-0,04}}{(1+0,1)^5} = 9.379,05$$

O método de fluxo de caixa descontado, de fato, representa um alicerce bastante difundido em finanças corporativas, sendo o modelo mais utilizado para apreciamento de ativos e empresas. Porém, como todo modelo, suas limitações abrem espaço para críticas e propostas para abordagens alternativas. Talvez um dos pontos mais debatidos seja a subjetividade no cálculo do custo de capital próprio, além da estrutura rígida de fluxos que incorporam apenas uma saída possível para cada fluxo de caixa. Evidente que apenas um fluxo de caixa será obtido em cada período de tempo, mas, dado que há forte incerteza no mercado de renda variável, talvez um modelo que incorpore os diversos cenários possíveis seria um avanço importante. Também está claro que o analista deve ponderar tais cenários em sua projeção, e que relatórios de valuation costumam trazer diferentes cenários em suas projeções, mas, ainda assim, trata-se de diferentes aplicações da mesma estrutura determinística.

Segundo a Associação Brasileira de Celulose e Papel (BRACELPA, atual IBÁ) apud Donatelli (2011), ao longo de 2009, a produção mundial de celulose atingiu 159 milhões de toneladas, sendo que os cinco maiores produtores – EUA (29,8%), Canadá (10,8%), Brasil (8,7%), Suécia (7,3%) e Finlândia (5,5%) – foram responsáveis por 62,1% deste total. Curiosamente, no mesmo ano, a produção mundial de papel foi de 376 milhões de toneladas. Diferença explicada, além da variação de estoques, pelo consumo de papel reciclado, que também é representativo. A demanda por papel está fortemente correlacionada à renda e nível de escolaridade do país, e seu preço internacional é baseado na cotação praticada no mercado europeu, que apresenta maior consumo e liquidez no comércio de celulose. Outro fato interessante, e que se intensificou na segunda metade da década passada, é a relativa polarização observada entre produtores de papel no hemisfério norte e produtores de celulose no hemisfério sul. Conforme a economia e demanda por papel se elevaram no começo do século, os investimentos do setor voltaram-se para países do sul, onde clima privilegiado e o custo reduzido com terras tornam a operação mais eficiente e rentável. O Brasil é um bom exemplo. Apesar de ser o terceiro produtor mundial de celulose, encabeçava uma modesta décima posição entre os maiores produtores de papel em 2009, com 2,5% do volume mundial. O Brasil também é considerado o país mais competitivo do mundo para o cultivo de eucalipto, o que lhe consagrou como maior exportador de celulose do mundo em 2009, com 8,6 milhões de toneladas de celulose de mercado, ou 18,6% de todas as transações.

Figura 8 – Ciclo de corte do eucalipto

de mercado nos dez anos seguintes. Caso o plano fosse concluído, a companhia atingiria uma média de crescimento constante das receitas de 15% ao ano, de 2002 a 2015. Este objetivo seria alcançado pela construção de duas novas unidades, uma na cidade de Imperatriz (MA) e outra no Piauí, entregando 1,5 e 1,1 milhão de tonelada/ano, respectivamente, além de uma possível expansão da já existente unidade de Mucuri. Focando na unidade Maranhão, projeto alvo do trabalho e que já contava com ativos florestais adquiridos da Vale Florestar, a unidade planejada demandaria em torno de R\$ 6 bilhões, levaria quatro anos para ser concluída e também usufruiria da malha logística dos Carajás e seu acesso ao porto de Itaqui. A imagem abaixo foi retirada da apresentação institucional da Suzano de 2008, e mostra a localização de ambos os projetos.

Figura 9 – Projetos Suzano



Fonte: Apresentação APIMEC SUZANO. São Paulo, 2008

O abastecimento da unidade seria dado por produção de plantios de eucalipto adquiridos da Vale Florestar e de outros produtores locais, que constariam em seus resultados como 'madeira de terceiros'.

5.1.2 Fibria Celulose SA.

Fonte: Site de relações com investidores Fibria

A imagem acima está disponibilizada no próprio site da empresa, e mostra o complexo industrial e florestal da unidade inaugurada no primeiro semestre de 2009. Valido destacar que a grande escala de produção da Fibria e da Suzano fez com que as duas usufruíssem dos menores custos caixa para produção de celulose do mundo.

5.2 Condições e premissas dos projetos

As análises a seguir apresentarão diferentes abordagens para determinar a viabilidade dos projetos tendo em vista o cenário competitivo e de preços. Estes modelos divergem em muitos pontos, porém, devem convergir em determinadas premissas comum na comparação de metodologias e projetos. Primeiramente, o fluxo de caixa a ser considerado será o fluxo de caixa operacional. Fluxo de caixa livre para a empresa ou equity necessitaria de um aprofundamento e projeções das empresas como um todo e não apenas no financiamento do projeto, envolvendo, além do fluxo de caixa, mutações no balanço patrimonial, ciclos de caixa, etc. Essas abordagens são utilizadas para especificar ações ou companhias inteiras sob uma perspectiva de terceiros. Problemas de tomada de decisão exigem análises do ponto de vista dos próprios agentes, e as empresas devem avaliar a viabilidade do seu projeto de forma independente às atividades em andamento. O valor que um projeto agrupa deve ser analisado separadamente. Por isso, o conceito de fluxo de caixa incremental apenas contabiliza fluxos – positivos e negativos – inerentes ao novo investimento. Abaixo está descrito o fluxo de caixa operacional utilizado.

$$\begin{aligned}
 &= \text{Lucro antes de juros e impostos} \\
 &+ \text{Depreciação} \\
 &- \text{Impostos} \\
 &= \underline{\text{Fluxo de caixa operacional}}
 \end{aligned}$$

Todas as projeções serão feitas em dólar americano, tendo em vista que os dois projetos focam a exportação de seus produtos. As oscilações cambiais

~~é, - cibém axiso o leuo o risutei meq tsionuzoq menil eotejorq auea eup matonaleb~~

O custo caixa por tonelada difere-se substancialmente do custo dos produtos vendidos descritos na DRE, pois incorpora as receitas positivas da venda de energia elétrica – considerada subproduto da celulose. A produção da commodity gera material orgânico que pode ser incinerado e aproveitado na geração de energia. As grandes produtoras, de um modo geral, conseguem produzir até mais energia que necessitam, e comercializam este excedente no mercado à vista de energia elétrica, gerando recursos que são abatidos do custo de produção na competência de caixa. Apesar de haver várias outras determinantes para o custo caixa de uma empresa, como o raio médio de extração, utilização de madeira de terceiros, etc., a venda de energia é uma das mais relevantes. No caso estudado, a fórmula não necessita acrescentar a depreciação novamente, pois o reconhecimento do desgaste dos ativos é uma prática contábil que não afeta caixa. Por fim, apesar de modelos de valuation costumarem considerar a alíquota de imposto padronizada para o país – 34% no caso brasileiro -, serão utilizadas apenas as alíquotas efetivamente pagas pelas duas empresas. O motivo é o fato da construção e operação de indústrias de celulose demandar grande quantidade de mão de obra, o que costuma ter contrapartida na concessão de incentivos fiscais municipais e estaduais – Fibria e Suzano não são exceções.

Tabela 5.1 – Resumo dos projetos estudados

	Fibria	Suzano
Investimentos (mil R\$)	7.700,0	6.000,0
Investimentos (mil US\$)	4.188,6	3.212,6
Capacidade (toneladas/ano)	1.750.000	1.500.000
Custo caixa (US\$/ton)	200	220
Alíquota de imposto efetiva	24%	28%
Prazo dos investimentos	4 anos	4 anos

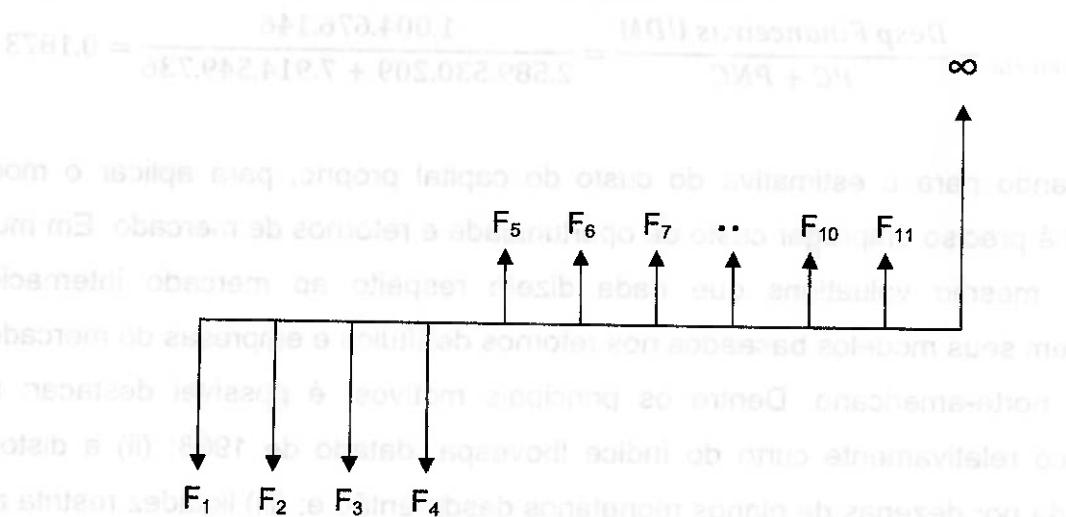
A tabela sumariza as principais especificidades do projeto de cada agente com custos e investimentos dolarizados pelo câmbio de R\$/US\$ = 1,7322. Por questões de conservadorismo, o custo caixa apontado em cada unidade foi baseado no custo caixa em dólares divulgado para suas atividades vigentes na época. Apesar das considerações de competitividade e escala apontadas por Suzano e Fibria – que

6 Aplicação dos modelos

6.1 Método tradicional

O primeiro ponto de vista abordado é o apreçamento dos projetos – e consequente tomada de decisão – baseado no modelo clássico de fluxo de caixa descontado. Cada firma vai apenas projetar os fluxos de caixa sem levar em conta aspectos concorrentais e comparar o valor presente dos resultados com o valor presente dos investimentos correspondentes. A taxa de desconto apropriada deve refletir os fatores de risco de cada projeto. O horizonte de tempo utilizado será de 11 anos de projeção acrescido do valor da perpetuidade calculado no 12º ano. Os 11 anos de projeção englobam um período razoável de seis anos de operação após a unidade atingir o ápice da curva de aprendizagem no quinto ano – quatro de construção e um de ramp up.

Figura 11 – Fluxos do investimento com perpetuidade



Nesta estrutura, a decisão está sendo tomada no início do ano de 2010, com as informações disponíveis até o último dia de 2009. Logo, F₁ poderia ser aplicado já no mesmo ano, não sofrendo desconto por se tratar do ano zero.

A primeira etapa será calcular a taxa de desconto para as duas empresas de acordo com as informações disponíveis. O custo médio ponderado de capital, ou WACC,

O autor de diversos livros sobre valuation e finanças, Aswath Damodaran, disponibiliza uma grande base de dados sobre retorno de mercado e fator beta dos mais diferentes setores da economia, baseado no mercado norte-americano. De acordo com suas publicações, as empresas de papel e celulose iniciaram 2010 com um beta desalavancado calculado de 0,91, demonstrando que o setor sofre movimentações menos bruscas que o mercado que, também segundo seus trabalhos, apresentava prêmio de risco de 4,36% (S&P 500)⁷. Há ainda mais um detalhe na composição do CAPM de projetos nacionais calculado com variáveis estrangeiras. Apesar do beta e da taxa livre de risco utilizadas serem mais confiáveis, estes incorporam fatores de risco do país onde são estimados e não onde o projeto está sendo avaliado. Para contornar este problema, deve-se acrescentar o risco do investimento ser realizado em outro território - o chamado risco país - no cálculo do CAPM. Dado que as variáveis escolhidas são do mercado norte-americano, e seus bonds são a taxa livre de risco, o Emerging Market Bond Index (EMBI+) é um bom parâmetro de risco país, pois ele expressa o quanto um título de um país paga a mais do que paga um título semelhante emitido pelo governo dos Estados Unidos. Quanto maior o EMBI+ de um país, maior a percepção de risco pelos investidores e mais onerosas são suas dívidas. Segundo o IPEA Data, os títulos brasileiros pagavam prêmio de 1,92% sobre a dívida americana na época das projeções. A partir da estrutura de capital descrita logo abaixo, o cálculo do CAPM tem início pela alavancagem do beta desalavancado colhido no site do Damodaran.

Tabela 6.1 – Estrutura de capital

	Fibria	Suzano
Dívida (US\$ milhões)	10.504,1	4.810,0
Equity (US\$ milhões)	5.751,9	2.518,6

Estimando o risco sistêmico da Fibria, temos

⁷ FINDING THE RIGHT FINANCING MIX: THE CAPITAL STRUCTURE DECISION. Nova Iorque. Disponível em: <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>. Acesso em 10 de setembro de 2015.

Nos cálculos acima, talvez o fato do custo do capital próprio superar o custo do capital de terceiros pode parecer incomum para pessoas mais familiarizadas com o tema. Importante lembrar do contexto econômico da época, quando a crise econômica teve importantes consequências para a concessão de crédito, aumentando a aversão a risco das instituições financeiras. Da mesma maneira que os mercados estavam estressados – como demonstrado na Introdução – a disponibilidade de crédito também foi afetada. Consideramos que o custo da dívida estava pressionado, e não que os investidores estavam mais propensos ao risco.

Com as taxas de desconto estabelecidas, falta projetar os fluxos. O fluxo de caixa considerado será o operacional menos os investimentos em capex, sendo este primeiro, resultante das vendas menos o custo caixa da quantidade produzida e impostos. É preciso ressaltar que qualquer taxa de crescimento a ser aplicada, tanto na projeção quanto na perpetuidade, será aplicada sobre o preço internacional da celulose e não sobre o fluxo de caixa em si. Se o valuation abrangesse a firma como um todo, questões de rentabilidade, políticas de dividendo e reinvestimentos poderiam ser incorporadas nos cálculos, mas, no caso de projetos específicos, o reinvestimento é menos significativo. Além disso, o intuito é manter as previsões na receita, evitando descompasso entre o fluxo de caixa e o ritmo de vendas, o que seria apenas pouco provável nos anos de projeção, mas ilógico na perpetuidade. Dentre os principais métodos para a estimativa da taxa de crescimento apontadas pelo livro *Investment Valuation* de Damodaran (2002), a mais apropriada é a observação do nível de crescimento nos anos mais recentes. Conforme os dados compilados pela Reuters, o preço médio da celulose fibra curta, BHKP Europa, apresentou uma taxa média de crescimento de 9% nos cinco anos que antecederam a crise de 2009, e esta porcentagem será aplicada ao crescimento esperado na projeção. O quadro a seguir exemplifica como o fluxo de caixa é calculado no quinto ano, quando as plantas já estariam operando em plena capacidade e ociosidade de 2% - valores financeiros em milhões.

6.2 Preleção por Opções Reais

Tabela 6.5 – FCD Suzano

Imperatriz - Suzano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Perp.
Preço Europa US\$/ton	700	763	832	907	988	1.077	1.174	1.280	1.395	1.520	1.657	1.806	1.969
Volume (milhões ton)	0	0	0	0	1,00	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47
(=) Fluxo de vendas	0	0	0	0	840	1.346	1.467	1.599	1.743	1.900	2.071	2.257	2.460
(-) Custo caixa	0	0	0	0	-220	-323	-323	-323	-323	-323	-323	-323	-323
(-) Impostos	0	0	0	0	-297	-467	-501	-538	-579	-622	-670	-723	-779
(=) FC bruto	0	0	0	0	323	555	642	737	841	954	1.077	1.211	1.357
(-) Capex	-346	-693	-1.386	-1.039	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(=) FC Operacional	-346	-693	-1.386	-1.039	323	555	642	737	841	954	1.077	1.211	11.584
VPL	-346	-609	-1.057	-692	188	282	285	286	285	282	278	273	2.281
ΣVPL	1.734,0												

Os resultados são bem claros e mostram que, de acordo com as estimativas adotadas, ambos os projetos devem ser realizados, pois seu valor presente líquido é positivo. As novas unidades de processamento de celulose elevariam o valor da Fibria e da Suzano em US\$ 2,0 e US\$ 1,7 bilhões, respectivamente, no início de 2009. Como os dispêndios em capex também foram descontados, é possível notar que o cronograma de investimentos da Suzano favoreceu o resultado do projeto como um todo, pois os desembolsos mais significativos ocorreriam nos períodos finais de investimentos.

O modelo de Fluxo de Caixa Descontado foi útil para uma consideração simples sobre a decisão de investimento, pois foi aplicado sobre uma estrutura também simples, mas não tão eficiente para representar interações mais complexas. Os modelos acima possuem pouca, ou quase nenhuma, abertura para incorporar a flexibilização que os diferentes cenários possíveis demandam em um estudo de valuation. Evidente que suas premissas são, além de razoáveis, suficientes para se chegar em um resultado eficiente – basta acertar suas projeções. Porém, modelos que consigam incorporar diferentes cenários são menos subjetivos e podem ser considerados mais completos, no sentido de possibilitar abordagens que o FCD não consegue. No próximo capítulo, o modelo de opções reais fornecerá uma visão alternativa, introduzindo problemas concorrentiais.

$$VP\ Capex\ Fibria = \sum_{i=1}^n Capex_i e^{-rf.t}$$

$$VP\ Capex\ Fibria = 444,5 + 1.778,1e^{-0,036} + 1.778,1 e^{-2\times 0,036} + 444,5 e^{-3\times 0,036}$$

$$VP\ Capex\ Fibria = 4.213,3$$

Com o investimento da Suzano (US\$ 3.463,8) disposto em 10%, 20%, 40% e 30% nos quatro anos previstos, seu valor presente também pode ser calculado.

$$VP\ Capex\ Suzano = 346,4 + 692,8 e^{-0,036} + 1.385,5 e^{-2\times 0,036} + 1.039,1 e^{-3\times 0,036}$$

$$VP\ Capex\ Suzano = 3.236,7$$

A próxima etapa consiste em estimar os fluxos de caixa do projeto, com o auxílio de uma árvore binomial dos possíveis preços da celulose. Do mesmo modo que uma opção financeira, o retorno do projeto será resultado da diferença entre uma variável aleatória e um valor fixo de *strike*. No caso, a variável randômica seria a cotação da celulose, e o preço de exercício seria dado pelo custo caixa de cada empresa. Assim como um investidor não exercerá uma opção desvantajosa, nenhuma empresa produzirá celulose sem que consiga praticar um preço minimamente acima do custo caixa necessário para sua produção. A análise de rentabilidade baseia-se na diferença entre o preço de mercado e o custo ao longo de uma árvore binomial com suas possíveis oscilações. Como a construção das novas unidades demanda investimentos do ano zero ao ano três, as companhias só começariam a registrar vendas no ano seguinte, ficando a mercê de toda oscilação intermediária até o período quatro. As linhas preenchidas representam os instantes em que as fábricas estarão em operação.

CELULOSE MERCADO US\$/ton

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
700	777	862	957	1.063	1.180	1.309	1.453	1.613	1.791	1.988	2.206
581	645	716	795	882	979	1.087	1.206	1.339	1.486	1.650	
482	535	594	660	732	813	902	1.001	1.111	1.234		
400	444	493	547	608	674	749	831	922			
332	369	409	454	504	560	621	690				
276	306	340	377	419	465	516					
229	254	282	313	347	386						
190	211	234	260	288							
158	175	194	216								
131	145	161									
109	121										
	90										

Estabelecida a árvore dos preços da celulose, também é possível montar a árvore dos fluxos de caixa para cada projeto. É um processo simples em que cada nó da árvore será dado pelo payoff da opção real. Ou seja, o fluxo de caixa operacional correspondente a cada cotação da celulose, acrescido do valor dos dois nós subsequentes ponderados pela probabilidade neutra a risco, conforme a formulas abaixo

$$q = \frac{(1 + rf) - d}{u - d}$$

$$\text{Payoff}_i = FC \text{ do projeto}_i + [FC_u \times q + FC_d \times (1 - q)] e^{-rf}$$

Conhecendo estas taxas de desconto, o método de backward induction pode ser aplicado a partir do instante 11 até o ano quatro, quando do início da produção – lembrando que neste primeiro ano cada fábrica só entregara 2/3 de sua capacidade, devido à curva de aprendizagem.

No ano quatro, haverá cinco payoffs possíveis e que precisam ser descontados a valor presente. O passo seguinte é ponderar esses possíveis payoffs pela probabilidade histórica de alta ou baixa da celulose. Como cinco cenários diferentes estão sendo projetados no ano quatro, basta atribuir a probabilidade de cada cenário de preços de modo que a soma das probabilidades seja de 100%. Por exemplo, lembrando que probabilidade de alta (pu) é 40% - implicando pd=0,6 -, a

Tabela 6.7 – Fluxos Fibria sem concorrência

FIBRIA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2.253		7.260	7.488	7.257	6.826	6.153	5.193	3.891	2.184			
		4.984	5.185	5.065	4.798	4.352	3.693	2.780	1.567			
		3.283	3.463	3.426	3.281	3.005	2.571	1.950	1.106			
		2.011	2.175	2.201	2.147	1.997	1.732	1.329	761			
		1.067	1.215	1.285	1.299	1.244	1.105	864	503			
			518	608	667	681	636	517	311			
				162	219	267	286	257	167			
					25	35	49	69	59			

Após calcular o fluxo de caixa operacional e realizar o processo de backward induction em cada nó, os possíveis fluxos de caixa do ano quatro foram ponderados por suas respectivas probabilidades para chegar a um valor presente dos fluxos operacionais de US\$ 2.253 milhões. Baseada nas mesmas cotações, mas com custo caixa de US\$ 220/ton, os fluxos de caixa esperados da Suzano foram estimados em US\$ 1.708 milhões no mesmo período.

Tabela 6.8 – Fluxos Suzano sem concorrência

SUZANO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.708		5.752	5.947	5.777	5.444	4.916	4.156	3.118	1.752			
		3.904	4.077	3.997	3.797	3.453	2.937	2.216	1.251			
		2.523	2.679	2.666	2.566	2.360	2.026	1.541	877			
		1.491	1.633	1.671	1.645	1.542	1.345	1.037	597			
			731	856	928	957	930	836	660	388		
				309	386	446	473	455	378	231		
					78	107	147	173	167	114		
						7	10	14	20	27		

Por fim, resta estimar o valor presente da perpetuidade. Esta etapa também é simples consiste em especificar e ponderar a perpetuidade em cada cenário do último ano de projeção por sua probabilidade cumulativa e descontar este valor pela taxa

Tomando como exemplo o cenário u^{11} da Suzano,

$$VP_{perpetuidade\ crescente} = \frac{1.752}{0,036 - 0,02} = 109.498$$

Em seguida, basta ponderar esses valores pela probabilidade do mesmo modo que aplicado anteriormente, porém, ao invés de cinco cenários no ano quatro, serão doze cenários no ano doze – perpetuidades calculadas sobre os doze cenários do ano onze.

$Prob\ pu^{11}$

$$= \frac{pu^{11}}{pu^{11} + pu^{10}pd + pu^9pd^2 + pu^8pd^3 + pu^7pd^4 + pu^6pd^5 + pu^5pd^6 + pu^4pd^7 + pu^3pd^8 + pu^2pd^9 + pu pd^{10} + pd^{11}}$$

Ponderando os valores da perpetuidade e suas probabilidades, resta multiplicar o valor encontrado por $e^{-rf.12}$ para descontá-lo. O valor presente das possíveis perpetuidades da Fibria e da Suzano são, respectivamente, US\$ 2.742,1 milhões e US\$ 2.062,4. Em posse de todas essas informações, já é possível verificar a viabilidade dos projetos

Tabela 6.11 – VPL projetos

	Fibria Suzano	
(+) VP FC Operacional	2.253	1.708
(+) VP Perpetuidade	2.742	2.062
(-) VP Capex	- 4.213	- 3.237
(=) VPL	781,7	534,0

Conforme os cálculos, os projetos Três Lagoas II e Imperatriz são viáveis, e representam maximização de US\$ 781,7 milhões do valor da Fibria, e acréscimo de US\$ 543,0 milhões ao valor de mercado da Suzano. É válido ressaltar que nenhum dos jogadores está disposto a perder valor arcando com um projeto inviável. Logo, a função utilidade calculada em cada combinação de estratégias seguirá a seguinte condição

$$u_i(a_j a_k) = \max\{VPL_i; 0\}$$

7 Jogo Fibria e Suzano

Demonstrado o processo matemático do valuation por Opções reais, é possível trabalhar um aspecto muito mencionado até agora, e essencial para a construção do jogo, que é o elevado grau de flexibilidade do modelo. O uso de árvores binomiais permite que diferentes instantes de tempo, ou até nós específicos, sejam livremente modificados para refletirem pressupostos ou variações pontuais daquele cenário. Em outras palavras, sua evolução em cada passo não precisa ser sistematicamente idêntica às evoluções anteriores. Se determinado fator, inerente à um período específico, implica em novos pressupostos para o comportamento da variável aleatória, o passo seguinte pode ser diferente dos demais. Esses eventuais pressupostos alteram a chamada simetria da árvore binomial, e é essa alteração que permite calcular diferentes retornos em diferentes cenários – necessidade básica para a formulação de um jogo concorrencial.

No problema estudado, Suzano e Fibria precisam decidir entre expandir sua produção imediatamente, em um momento de grande incerteza, ou postergar seus investimentos até um momento futuro, com um cenário econômico mais bem definido. A questão é que a eficiência da produção de celulose depende de escala, e o total de 3,25 milhões de toneladas/ano envolvido nos dois projetos representa capacidade tão significativa que ameaça superar o nível de demanda, impactando os preços praticados e a consequente viabilidade de cada unidade. Segundo os estudos de Donatelli (2011), a demanda mundial por celulose de mercado, especificamente de eucalipto – mesma fonte de madeira dos projetos -, totalizou 14,2 milhões de toneladas em 2009. A soma da produção dos dois projetos colocaria no mercado, anualmente, 22,8% de volume a mais do que foi consumido no último ano de referência. Entretanto, supondo que a demanda mundial por celulose de eucalipto evolua à mesma taxa de crescimento de longo prazo, caso apenas uma das companhias decidisse investir imediatamente, esta teria uma vantagem significativa na geração de valor a seus acionistas. O menor volume adicional reduziria os impactos de uma eventual sobreoferta nos preços praticados, impulsionando a geração de caixa e o valor presente da nova fábrica. Se a empresa postergar seus investimentos, haverá menos incertezas e um possível cenário econômico mais atrativo, mas os fluxos de caixa, mais longínquos, representam

os impactos da nova capacidade às oscilações internacionais seria um pouco exagerado, tendo em vista que existem outras fontes de celulose fibra curta, além do eucalipto. Está sendo admitido que a concorrência resultante da expansão de capacidade pode obrigar os agentes a ofertar seu produto por preços abaixo do projetado para o mercado. Resumindo, a variação da oferta impacta o poder de barganha de cada empresa.

A última consideração, e talvez a mais importante, é o esclarecimento de como tais variações de volume são incorporadas na dinâmica de preços praticados. Assim como nos cálculos anteriores, a única variável considerada será o preço da celulose praticado, estabelecendo tributos e custos constantes. A árvore binomial da celulose será projetada da mesma maneira que no caso sem concorrência, porém, o potencial de alta será reduzido proporcionalmente ao aumento de oferta em relação ao consumo mundial de celulose de eucalipto. Aplicar-se-á um fator de desconto, que não representa nada além da quantidade ofertada acima da demanda projetada, no potencial de alta da celulose em cada instante de tempo.

Figura 13 – Alteração dos nós da árvore binomial



A simetria da árvore é alterada para refletir a dificuldade de elevação dos preços praticados diante do aumento da oferta. Ao invés do nó de alta seguinte ser descrito por $S_u = S_0 \cdot u$, este valor será projetado por $S_u = S_0 \cdot u \cdot Fator\ de\ desconto$, sendo

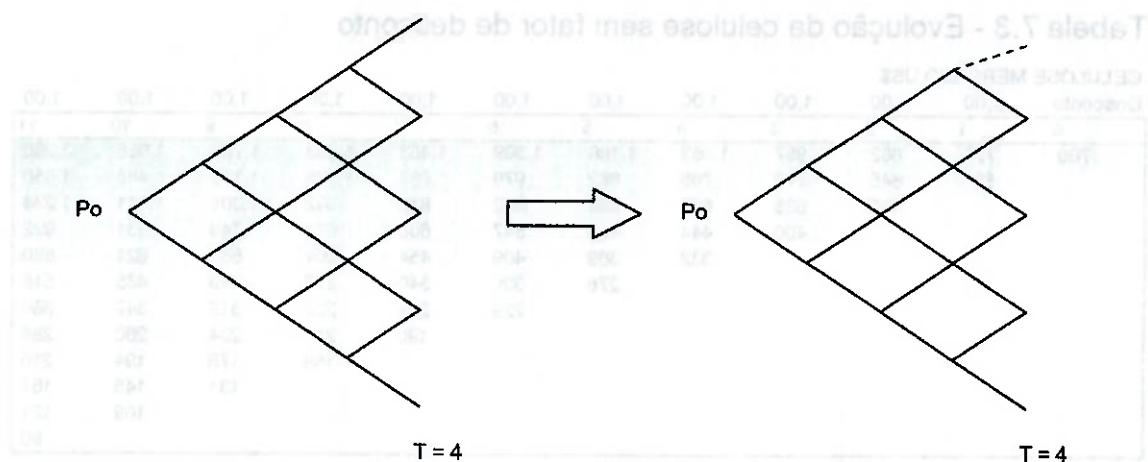
$$Fator\ de\ desconto_i = 1 - \frac{Capacidade\ adicionada_i}{E(Demanda)_i}$$

A saber,

$$Capacidade\ adicionada_i = Produção\ Fibria_i + Produção\ Suzano_i$$

$$E(Demanda)_i = Demanda_0 \cdot e^{g \times \Delta t}$$

Figura 14 – Distorção da árvore no ano quatro



A diferença pode não parecer significativa, mas esses descontos possuem um efeito cumulativo ao longo da árvore binomial, conforme é possível observar nas duas tabelas seguintes, com e sem aplicação do redutor, respectivamente. Importante notar que, na primeira tabela, o fator de redução chega ao pico nos anos cinco e seis, mas depois volta a convergir para 1, pois a celulose apresenta aumento gradativo de sua demanda, enquanto nenhum outro aumento de oferta está sendo considerado.

Tabela 7.2 – Evolução da celulose com fator de desconto

Demanda BHKP	14.200.000										
+ capac Suzano		1.000.000	1.470.000	1.470.000	1.470.000	1.470.000	1.470.000	1.470.000	1.470.000		
+ capac Fibria		1.166.667	1.715.000	1.715.000	1.715.000	1.715.000	1.715.000	1.715.000	1.715.000		

CELULOSE MERCADO US\$											
Desconto	1,00	1,00	1,00	0,86	0,80	0,80	0,81	0,81	0,81	0,82	0,82
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
700	777	862	957	1.048	1.140	1.240	1.350	1.470	1.601	1.745	1.903
581	645	716	795	870	946	1.029	1.120	1.220	1.329	1.449	
482	535	594	660	722	785	854	930	1.013	1.103		
400	444	493	547	599	652	709	772	841			
	332	369	409	454	497	541	589	641			
		276	306	340	377	413	449	488			
			229	254	282	313	343	373			
				190	211	234	260	284			
					158	175	194	216			
					131	145	161				
						109	121				
							90				

Tabela 7.3 – Fluxo e perpetuidade Suzano (investe: investe)

SUZANO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Perp.
1.603,9					5.257	5.379	5.160	4.804	4.288	3.584	2.660	1.479	92.430
					3.631	3.753	3.629	3.403	3.057	2.569	1.916	1.070	66.896
					2.381	2.509	2.463	2.336	2.120	1.797	1.351	760	47.479
					1.424	1.551	1.571	1.524	1.406	1.210	921	523	32.709
					703	821	884	902	863	762	593	344	21.469
					297	370	426	447	422	344	207		12.913
						73	101	139	162	154	102		6.398
							6	9	12	17	23		1.435
								-	-	-	-		-
								-	-	-	-		-
								-	-	-	-		-
								-	-	-	-		-

O valor presente de US\$ 1.603,9 no início da árvore diz respeito apenas aos fluxos operacionais. A coluna de perpetuidade foi incluída apenas por estar baseada nos resultados do ano final de projeção, facilitando sua verificação. Para se chegar ao valor presente da perpetuidade, basta ponderar os resultados calculados pela probabilidade cumulativa de onze anos. Aplicando os cálculos de ponderação, o valor da perpetuidade no ano doze é de US\$ 2.773,4 milhões, que trazidos a valor presente equivalem a

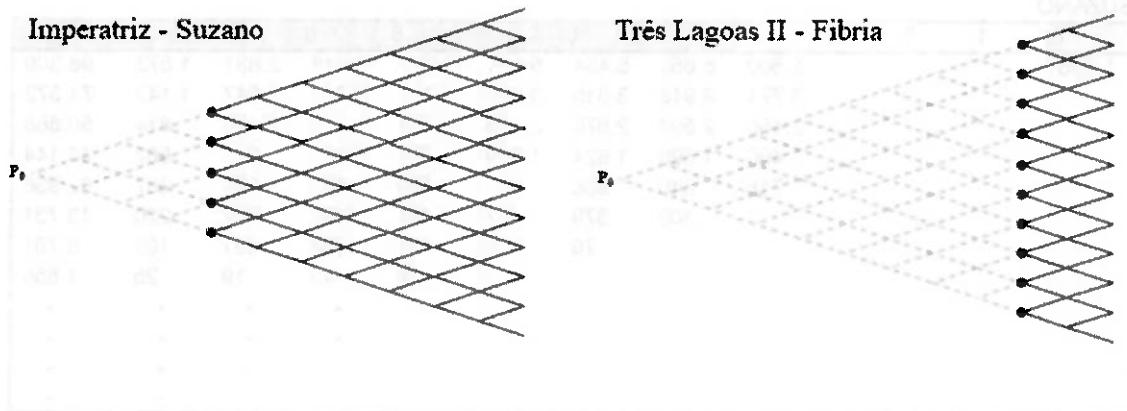
$$VP\,perpetuidade_{Suzano} = 2.773,4 e^{-0,036 \times 12} = 1.800,5$$

E uma vez que o valor presente dos investimentos iniciados no ano zero já foram calculados para a Suzano em US\$ 3.236,7, a utilidade esperada para a Suzano neste caso será de

Suzano

$$u_1(\text{investe}, \text{investe}) = 167,7$$

Figura 15 – Árvores do conjunto (investe; espera)



Como apenas o volume da Suzano foi entregue até o ano nove, o fator de desconto será mais relevante ao fim da projeção.

Tabela 7.5 – Evolução celulose (investe; espera)

Demanda BHKP	14.200.000										
+ capac Suzano		1.000.000	1.470.000	1.470.000	1.470.000	1.470.000	1.470.000	1.470.000	1.470.000	1.470.000	1.470.000
+ capac Fibria									1.166.667	1.715.000	1.715.000
CELLULOSE MERCADO US\$											
Desconto	1,00	1,00	1,00	0,93	0,91	0,91	0,91	0,91	0,84	0,82	0,82
0	777	862	957	1.056	1.161	1.277	1.405	1.546	1.689	1.841	2.007
700	581	645	716	795	876	964	1.060	1.166	1.283	1.402	1.528
		482	535	594	660	727	800	880	968	1.065	1.164
			400	444	493	547	604	664	730	803	884
				332	369	409	454	501	551	606	667
					276	306	340	377	416	457	503
						229	254	282	313	345	380
							190	211	234	260	287
								158	175	194	216
									131	145	161
									109	121	90

Fonte: Elaboração do autor

Sob tal cenário de celulose, o valor presente dos fluxos de caixa da Suzano será

FIBRIA

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Perp.
201								4.262	3.538	1.963	122.695	
								3.082	2.572	1.432	89.523	
								2.174	1.832	1.029	64.297	
								1.478	1.261	719	44.909	
								951	826	478	29.874	
								553	497	297	18.539	
								253	250	160	9.992	
								48	67	57	3.546	
								-	-	-	-	
								-	-	-	-	
								-	-	-	-	

Como os investimentos só teriam início no ano cinco, seu valor presente é mais descontado

VP Capex Fibria

$$= 444,5 e^{-5 \times 0,036} + 1.778,1 e^{-6 \times 0,036} + 1.778,1 e^{-7 \times 0,036} + 444,5 e^{-8 \times 0,036}$$

$$VP\ Capex\ Fibria = 3.519,3$$

Com o valor presente da perpetuidade calculado em US\$ 2.570,8 milhões, chega-se à utilidade da Fibria por

Fibria	
(+) VP FC Operacional	200,9
(+) VP Perpetuidade	2.570,8
(-) VP Capex	- 3.519,3
(=) VPL	- 747,6

Como o projeto de expansão mostra-se inviável sob tais condições, a empresa optaria por não perder valor de mercado.

$$u_2(\text{investe}, \text{espera}) = 0$$

Suzano espera e Fibria investe

Figura 16 – Árvore do conjunto (espera; investe)

SUZANO

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Perp.
148									3.376	2.806	1.559	97.454
157,96	158,1	158,5	158,4	158,7	158,4	158,3	158,3	2.425	2.028	1.132	70.721	
160,56	159,1	158,1	158,5	158,5	158,1	158,4	158,6	1.695	1.432	806	50.392	
161,94	159,1	158,7	158,7	158,5	158,5	158,3	158,5	1.137	973	557	34.791	
161,95	158,8	158,7	158,7	158,5	158,5	158,3	158,5	712	624	364	22.724	
162,41	158	158,5	158,7	158,7	158,7	158,7	158,7	392	360	218	13.614	
162,42	158	158	158	158	158	158	158	151	160	108	6.735	
162,43	158	158	158	158	158	158	158	13	18	25	1.539	
								-	-	-	-	
								-	-	-	-	
								-	-	-	-	

Com os gastos em capex também diluídos pelo prazo estendido e valor presente da perpetuidade calculado em US\$ 1.905,5 milhões,

$$VP\ Capex\ Suzano = 346,4 e^{-5 \times 0,036} + 692,8 e^{-6 \times 0,036} + 1.385,5 e^{-7 \times 0,036} + 1.039,1 e^{-8 \times 0,036}$$

$$VP\ Capex\ Suzano = 2.703,5$$

chega-se a utilidade de

Suzano
(+) VP FC Operacional 148,0
(+) VP Perpetuidade 1.905,5
(-) VP Capex - 2.703,5
(=) VPL - 650,0

$$u_1(espera, investe) = 0$$

Voltando as análises para o projeto Três Lagoas II, fica claro que a Fibria consegue extrair mais valor de seus fluxos de caixa, não apenas por ter uma planta mais competitiva, mas, também, por não sofrer concorrência da Suzano.

Tabela 7.10 – Fluxo e perpetuidade Fibria (espera; investe)

Tabela 7.11 – Evolução celulose (espera; espera)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Perp.
SUZANO	157									3.593	2.984	1.657	103.557
									2.587	2.163	1.206	75.367	
									1.806	1.532	863	53.931	
									1.204	1.037	597	37.311	
									749	660	388	24.228	
									409	378	231	14.445	
									157	167	114	7.131	
									14	20	27	1.661	
									-	-	-	-	
									-	-	-	-	
									-	-	-	-	

Sob tais condições, a Suzano alcançaria valor presente de caixa de US\$ 156,5 milhões e perpetuidade de US\$ 2.031,7. Considerando o valor presente dos investimentos, já calculado anteriormente, a utilidade esperada da Suzano seria de

$$\begin{array}{ll} u_1(\text{espera, investe}) = 0 & u_2(\text{espera, investe}) = 516,4 \\ u_1(\text{espera, espera}) = 0 & u_2(\text{espera, espera}) = 0 \end{array}$$

Para facilitar a análise, as utilidades obtidas na sessão anterior são dispostas na forma matricial.

Figuras 18 e 19 – Matrizes de utilidades

		FIBRIA			
		Investe	Espera		
SUZANO	Investe	u_1	u_2	u_1	u_2
	Espera	u_1	u_2	u_1	u_2

		FIBRIA			
		Investe	Espera		
SUZANO	Investe	168	331	344	0
	Espera	0	516	0	0

Finalmente, os jogadores agora possuem uma base mais objetiva para a tomada de decisão. O primeiro aspecto que se nota é que a postergação do investimento concorrente maximiza a utilidade esperada do jogador que investir imediatamente, pois seu projeto atua sob um cenário de preços mais atraente. Também se conclui que o cenário em que ambas investem no ano zero é considerado Eficiente de Pareto, pois esta saída apresenta o conjunto de payoffs preferível em relação a todos os outros. Apesar das duas companhias alcançarem utilidade maior sendo a primeira a investir, o payoff nulo de sua concorrente torna esta solução menos vantajosa do ponto de vista do jogo como um todo.

Figura 20 – Eficiente de Pareto

superiores, não há porque perseguir ou apegar-se de qualquer forma à tal utilidade calculada, pois deve-se levar em conta a decisão a ser tomada pela concorrente. Por mais que a Fibria prefira o retorno de US\$ 516 milhões, seus gestores devem ter em mente que este valor está condicionado à decisão de esperar, em detrimento do investimento imediato, por parte da Suzano. Diante da escolha entre aumentar ou manter seu valor, supor que uma empresa se decidiria pela segunda opção soa bastante improvável. As premissas de racionalidade e busca por maximização do valor de mercado implicam que a Suzano adotaria a mesma ação que a Fibria, inviabilizando a utilidade almejada. Este é um bom exemplo das contribuições que métodos alternativos de decisões de investimento possibilitam. Mais do que usar a Teoria dos Jogos como alicerce para suas decisões, as duas empresas podem, agora, avaliar de forma mais realista o valor de seus próprios projetos.

Curioso notar que, na prática, apenas a Suzano iniciou os investimentos já em 2010, e inaugurou a nova unidade Imperatriz no dia 30 de dezembro de 2013 – conforme informado no site de relação com investidores -, trabalhando a curva de aprendizagem ao longo de 2014. A Fibria, por outro lado, somente aprovou a construção do projeto Horizonte 2 em maio de 2015, com capex efetivamente investido a partir de junho do mesmo ano. Com a produção prevista para ter início no último trimestre de 2017, os ativos devem chegar à sua capacidade máxima em 2019. Apesar do dilema proposto entre investir e aguardar ter sido formulado hipoteticamente, a observação empírica mostra que os investimentos seguiram uma dinâmica muito parecida com a estudada no modelo. Ainda que esta postergação não tenha sido motivada pelo receio quanto aos impactos da celulose rival no preço praticado, a situação financeira delicada mencionada no capítulo 6 ou qualquer outro motivo incentivou ou obrigou os gestores da Fibria a aguardarem. Coincidemente ou não, os investimentos começaram a ser realizados após a conclusão e rump up da unidade da Suzano.

substituir métodos tradicionais de apreçamento, mas sim, abranger uma maior gama de recursos e ferramentas disponíveis para balizar a tomada de decisões.

APRESENTAÇÃO APIMEC - SÃO PAULO - SÃO PAULO, 2009. Raulino sumi de

00. Disponível em: [http://www.apimec.org.br/Arquivos/Relatorio%20do%20projeto%20-%20APIMEC%2009.pdf](http://www.apimec.org.br/Arquivos/Relatorio%20de%20apresentacao%20do%20projeto%20-%20APIMEC%2009.pdf). Acesso em: 10 de setembro de 2012.

APRESENTAÇÃO INSTITUCIONAL FIBRA. SÃO PAULO, 2008. Abraesulsgo

00. Disponível em: <http://www.fibra.com.br/Arquivos/Relatorio%20do%20projeto%20-%20FIBRA%2008.pdf>. Acesso em: 10 de setembro de 2012.

BRAUCH, Michael A. Real Options in Practice. New Jersey: John Wiley & Sons, 2002. 320 p.

BUFFET, W.; CLARK, D. O Jogo da Mão no Búfalo [Online]. Sexau, 2005. 180 p.

CHANCE, D. W.; PETERSON, P. B. Real Options and Investment Valuation. 21. Cengage, 2005. 711 p.

CHANG, Sungwon et al. The Weekend Effect Well Specified? Is It Just Good Timing? Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/29525570>. Acesso em: 10 de setembro de 2012.

CAMODARO, Amália. Investimento Variável: Técnicas e Recomendações para o seu uso. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2005. 192 p.

Demonstração Final: CEBRAS PADRONIZADAS – FIBRA. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.fibra.com.br/Arquivos/Relatorio%20do%20projeto%20-%20FIBRA%2009.pdf>. Acesso em: 10 de setembro de 2012.

DEMONSTRAÇÃO FINAL: CEBRAS PADRONIZADAS – FIBRA. São Paulo, 2003. Disponível em: <http://www.fibra.com.br/Arquivos/Relatorio%20do%20projeto%20-%20FIBRA%2003.pdf>. Acesso em: 10 de setembro de 2012.

DONATELLI, Juliano Gómez. Análise e Planejamento de Desenvolvimento de Cenários e Baixos no Brasil. EB, 2011, 89 p.

FERRERIA, N. KARL TRIGEDROSIS, L. Option Games: the key to computing in competitive strategic environments [Massachusetts Institute of Technology Review, March 2008]. Disponível em: <http://mitreview.mit.edu/2008/03/option-games-the-key-to-computing-in-competitive-strategic-environments/>.

FINDING THE RIGHT FINANCING MIX: THE CAPITAL STRUCTURE DECISION. Nova Iorque. Disponível em: <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>. Acesso em 10 de setembro de 2015.

FORMULÁRIO DE REFERÊNCIA - SUZANO. São Paulo, 2010 – Disponível em: http://suzano.infoinvest.com.br/ptb/3785/1306175688_1280547709.pdf. Acesso em 10 de setembro de 2015.

HULL, John C. **Options, Futures and Other Derivatives**. 8^a edição. [Londres]: Pearson, 2011. 847 p.

JORDAN, B. D.; ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W. **Administração financeira**. 8^a edição. [S.I.]: Mc Graw Hill, 2008. 795 p.

LEYTON-BROWN, K.; SHOHAM, Y. **Multiagent Systems: Algorithmic, Game-Theoretic, and Logical Foundations**. [Massachussets]: Cambridge University Press, 2009. 513 p.

LUENBERGER, David G. **Investment Science**. Nova Iorque: Oxford University Press, 2009. 494 p.

SIEGFRIED, Tom. **A Beautiful Math: John Nash, game theory, and the modern quest for a code of nature**. 1^a edição. [S.I.]: Joseph Henry Press, 2006. 272 p.