

Análise de Opções Reais aplicada a investimentos na lavoura de arroz

Ricardo Gonçalves Faria Corrêa (PPGEP/UFRGS)
Vitor Augusto Schiütt Zizemer (PPGEP/UFRGS)
João Francisco da Fontoura Vieira (PPGEP/UFRGS)
Francisco José Kliemann Neto (PPGEP/UFRGS)

Resumo

Com o intuito de avaliar investimentos, esse artigo se propõe a utilizar a Teoria das Opções Reais (TOR) em um caso hipotético de uma lavoura de arroz. O trabalho apresenta uma breve contextualização das ferramentas de análise de investimento e aplicações de TOR no agronegócio. Sua principal contribuição é apresentar a sequência de etapas necessárias para a aplicação da Teoria das Opções Reais, bem como descrever como cada uma delas é realizada em um caso onde não ocorrem a venda ou a compra de opções reais. Como resultado da aplicação das etapas da TOR, obteve o valor da opção de venda americana igual a R\$ 0,68 por saca de 50Kg de arroz. Além disso, o trabalho mostra o impacto da adoção da TOR em diferentes cenários de fluxo de caixa. Os resultados revelam que a utilização da TOR nos casos em que os preços futuros estão aquém do valor no período zero reduz as perdas de caixa e torna as taxas de retorno interno (TIR) sempre superiores. Verificou-se que, caso a TOR não fosse utilizada, as perdas dos cenários desfavoráveis seriam maiores, porém, por outro lado, os lucros para os cenários otimistas seriam, também, aumentados.

Palavras-chave: Teoria das Opções Reais; Análise de Investimento; Agronegócio; Orizicultura

1 Introdução

Atualmente, a competitividade de mercado obriga às empresas a aumentarem a acurácia das suas ações a fim de que se obtenham os melhores resultados possíveis. Nesse contexto, não basta somente chegar aos objetivos planejados, mas também deve-se fazê-lo da forma mais eficiente possível. Em relação a isso, a análise de investimentos, a qual tem por objetivo identificar as melhores oportunidades insurgentes do negócio, apresenta-se como uma solução para auxiliar as empresas a aumentar eficiência na gestão do seu capital.

Existem diversos critérios que podem ser aplicados para realizar a análise de um investimento. Galesne *et al.* (1999) afirmam que, dentre esses critérios, os encontrados com maior frequência na literatura são os seguintes: Valor Presente Líquido (VPL), Índice de Lucratividade (IL) e Taxa Interna de Retorno (TIR). Entre os métodos não preconizados pela teoria, destacam-se, por sua popularidade, o tempo de recuperação de capital (*payback*) e a taxa de retorno contábil (EDER *et al.*, 2004. Na avaliação econômico-financeira de projetos de investimento, o Fluxo de Caixa Descontado (FCD) tornou-se o método mais difundido no mundo corporativo (HIRSCHFELDT *apud* EDER *et al.*, 2004).

É importante ressaltar que os métodos tradicionais, entretanto, não consideram a presença de incertezas dos fluxos de caixa e a flexibilidade para a tomada de decisões gerenciais (MYERS, 1977; COPELAND e ANTIKAROV, 2002). Myers (1977) foi o primeiro autor a relacionar as opções financeiras de Black e Scholes (1973) com os investimentos reais, dando origem à Teoria das Opções Reais (TOR), a qual tem por objetivo considerar os fatores supracitados.

Salienta-se, porém, que a maioria das empresas tem preferência pelos métodos tradicionais de análise de investimentos. Ryan e Ryan (2002) reforçam essa ideia, ao verificarem que os métodos mais utilizados das empresas que compunham o Fortune 1000 são o VPL e a TIR. Verifica-se, portanto, que existem desafios para difundir a utilização da TOR nas firmas, gerando uma preocupação acerca dos resultados obtidos nas suas análises.

Assim, o objetivo deste trabalho foi apresentar a aplicação da TOR, sendo utilizado para essa finalidade um estudo de caso hipotético no agronegócio (mais especificamente, em uma lavoura de arroz). O objetivo foi determinar qual deveria ser o preço da opção de venda a um preço fixo. Devido à dependência das condições meteorológicas e flutuações de mercado, existem muitas incertezas nesse ramo, tornando-o um contexto ideal para a aplicação da TOR. Além disso, procurou-se demonstrar o potencial da utilização da TOR no mercado de arroz a fim de fomentar sua utilização, já que, atualmente, não é utilizada esse tipo de prática na orizicultura.

Na próxima seção do presente trabalho, foi apresentada uma revisão bibliográfica sobre o tema, discutindo, principalmente, os métodos de análise de investimentos tradicionais, as bases teóricas da TOR, as características dos empreendimentos de lavoura de arroz e a aplicação da TOR em investimentos de agronegócio. Logo após, foi apresentada, em detalhes, a metodologia do estudo, destacando, fundamentalmente, as etapas que o compõe. Mais além, foram apresentados e discutidos os resultados da aplicação do trabalho, visando apresentar a sequência de passos da utilização da TOR em caso ilustrativo. Por fim, foi realizada uma conclusão sobre o tema, no qual foram propostos trabalhos futuros que poderiam dar continuidade a esse estudo.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Métodos Tradicionais de Análise de Investimentos

Segundo Eder *et al.* (2004), dentre as variáveis que influenciam o mercado, as econômicas e financeiras são as mais consideradas pelos investidores. Para Blank e Tarquin (2008), as decisões tomadas por engenheiros, gerentes, presidentes de corporações são resultado de análises de investimentos, que resulta, consequentemente, na escolha da melhor alternativa a ser empreendida. Fonseca (2003) ressalta que o mundo atual exige do empreendedor decisões frequentes sobre novos investimentos. O mercado impõe alterações contínuas nas empresas, fazendo com que o sucesso do gestor financeiro, nesse cenário, seja avaliado pela maximização da riqueza dos proprietários das empresas, sendo fundamental a utilização de ferramentas cada vez mais eficientes para análise e controle de risco associado a estes novos projetos. Macedo e Nardelli (2008) destacam a análise e seleção de investimento como uma das questões cruciais da teoria econômica aplicada.

As ferramentas para avaliar alternativas mais utilizadas pelos tomadores de decisões financeiras são: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e *Payback*. O VPL refere-se à diferença, na data presente do projeto, entre as entradas futuras geradas pelo projeto e os investimentos feitos, atualizados por uma Taxa de Mínima Atratividade (TMA). Dentre as alternativas analisadas, a melhor será a que apresentar maior VPL. Ressalta-se que, quando o VPL for negativo o projeto não é economicamente viável (MACEDO e NARDELLI, 2008). Na mesma linha, Fonseca (2003) conceitua o VPL como sendo o valor hoje de um fluxo ou de uma série futura de fluxos de caixa.

É intuitivo verificar que o VPL de qualquer projeto diminui com o aumento da taxa de desconto. Nessa ideia, é que está inserida a TIR, a qual pode ser conceituada como a taxa de desconto que torna nulo o VPL de um determinado projeto, ou seja, a taxa acima da qual o projeto deve ser rejeitado (MACEDO e NARDELLI, 2008). A TIR é intrínseca ao projeto, não dependendo das taxas de juros do mercado. Pode ser denominada, também, como taxa de retorno do fluxo de caixa atualizado (FONSECA, 2003). VPL e TIR são os critérios baseados em Fluxos de Caixas Descontados (FCD) mais utilizados pelas empresas (EDER *et al.*, 2004).

Fonseca (2003) conceitua o método do *payback* como o período de recuperação do investimento inicial. Existem duas formas de aplicação desse método: *payback* simples e *payback* descontado. A diferença entre os dois é que o *payback* descontado atualiza os fluxos futuros de caixa a uma taxa de aplicação no mercado, enquanto o *payback* simples não considera o impacto dessa taxa (FONSECA, 2003).

Marcedo e Nardelli (2008) ressaltam, porém, a robustez do VPL frente aos outros métodos de avaliação de investimentos. Para os autores, VPL é apresentado como, dentre os métodos tradicionais de análise, o critério financeiramente mais correto, sendo a TIR e o *payback* critérios auxiliares.

É importante ressaltar, no entanto, que os métodos tradicionais não consideram toda a complexidade gerencial de uma decisão de investimento como, por exemplo, as incertezas quanto aos cenários futuros e a flexibilidade gerencial. A abordagem clássica caracteriza-se por ser estática, já que não prevê as decisões gerenciais que poderiam ser realizadas pelos tomadores de decisões. Alguns exemplos dessas decisões são: adiamento do início das operações, alteração dos níveis de produção, expansão ou redução de capacidade e encerramento das atividades. (MACEDO e NARDELLI, 2008). Santos e Pamplona (2001) reforçam esse fato, afirmando que, com o decorrer do projeto, novas informações acerca do mesmo podem ser levantadas e, com isso, incertezas acerca das condições do mercado e de fluxos de caixas futuros diminuem. Nesse novo cenário a administração tem condições, baseados nos novos dados do mercado, de realizar alterações em sua estratégia a fim de capitalizar oportunidades futuras favoráveis e/ou diminuir perdas. Por fim, Minardi (2000) sintetiza que o VPL precisa ser reavaliado na avaliação de projetos de modo que considere as flexibilidades gerenciais possíveis.

2.2 Teoria das Opções Reais

Antes de abordar diretamente o assunto de opções reais, faz-se necessário um entendimento prévio sobre opções financeiras. O conceito de opções reais surgiu justamente da aplicação das opções financeiras (originadas no mercado de capitais) a condições reais de investimentos (MYERS, 1977).

Conforme Silva Neto (1996), em países onde o mercado financeiro se encontra desenvolvido e oferece formas eficientes de gestão de risco e capital, é negociado um tipo especial de contrato de liquidação futura, conhecido como contrato de opções. As opções, na forma como são conhecidas hoje, foram inicialmente negociadas em 1973, na *Chicago Board Options Exchange*, mas só ganharam popularidade e se expandiram pelo mundo após o lançamento de opções sobre os Títulos do Tesouro Americano (*T-Bills*) pela *Chicago Board of Trade*.

Também descrito por Silva Neto (1996), na bolsa de valores, foram criados dois tipos de opções: a opção de compra, na qual o titular ou comprador da opção adquire o direito de comprar algo (objeto da negociação) no futuro a um preço predeterminado (preço de exercício), garantindo assim o preço máximo de compra do bem; e a opção de venda que, por sua vez, permite ao comprador garantir o valor mínimo na venda de um bem no futuro.

Ainda no início de seu desenvolvimento, a área de opções teve um grande avanço. Black e Scholes (1973) propuseram um modelo capaz de estimar o preço de uma opção de compra. Posteriormente, esse modelo se tornou a base para novos modelos para a avaliação de opções financeiras (NOGUEIRA *et al.*, 2006).

Como já mencionado, a teoria das opções reais surgiu quando Myers (1977) relacionou os conceitos de opções financeiras e investimentos reais. Copeland e Antikarov (2002) definem opção real como o direito, mas não a obrigação, de empreender uma ação (diferir, expandir, contrair ou abandonar) a um custo predeterminado (preço de exercício), por um período pré-estabelecido – a vida da opção. Os autores definem, também, as variáveis envolvidas na teoria das opções reais e as possíveis taxonomias em que uma opção pode ser classificada. O valor de uma opção real depende, principalmente, de seis variáveis. Uma das variáveis consiste nos dividendos que o projeto pode gerar, as outras cinco estão relacionadas na tabela 1, bem como sua influência no preço da opção. Quando uma variável possui interação positiva com o preço da opção, significa que o seu aumento gera uma elevação no mesmo.

Tabela 1- Influência das variáveis no Preço da Opção

Variável	Tipo da Opção	Interação com o Preço da Opção
Valor do Ativo Subjacente	Compra	Positiva
Preço de Exercício	Compra / Venda	Negativa / Positiva
Prazo de Vencimento da Opção	Ambas	Positiva
Desvio Padrão do valor do ativo subjacente	Compra	Positiva
Taxa de juros livre de risco	Positiva	Positiva

O valor do ativo subjacente pode ser um projeto, um investimento ou uma aquisição. Se o valor de um ativo subjacente aumenta, o mesmo ocorre com o valor de uma opção de compra relacionada a esse ativo. A segunda variável é o preço de exercício, isto é, o montante investido ou recebido quando exercer a opção. À medida que o preço de exercício aumenta, o valor da opção de compra diminui e o valor da opção de venda aumenta. A terceira variável é o prazo de vencimento da opção que, quanto mais extenso, maior será o valor da opção.

A quarta variável é o desvio padrão do valor do ativo subjacente, que faz com que o preço da opção aumente. Isso ocorre porque em uma opção de compra, os retornos dependem do valor do ativo que está acima do preço de exercício. Logo o risco faz com que o valor da opção aumente. A quinta variável é a taxa de juros livre de risco ao longo da vida da opção que, com seu aumento, causa uma elevação no valor da opção.

Com relação ao prazo de vencimento da opção, as opções são divididas em dois grupos: as opções europeias, que só podem ser exercidas na data de vencimento; e as opções americanas, que podem ser exercidas em qualquer momento de sua vida. Todavia, as opções reais se classificam, primeiramente, pelo tipo de flexibilidade que oferecem (COPELAND e ANTIKAROV, 2002).

Uma *opção de deferimento* é uma opção de compra americana encontrada na maioria dos projetos em que existe há a possibilidade de adiar o início de um projeto. A *opção de abandono* de um projeto a um preço fixo (mesmo que o preço decline com o tempo) proporciona a possibilidade de abandono do projeto a qualquer momento e venda pelo referido preço. Esta opção pode ser classificada como uma opção de venda americana. Também se adéqua como opção de venda americana a *opção de contração* de um projeto, que é reduzir a dimensão do mesmo, mediante a venda de uma fração a um preço fixo. A *opção de expansão* de um projeto, por outro lado, proporciona a possibilidade de, pagando-se mais, ampliá-lo e, portanto, caracteriza-se como uma opção de compra americana (COPELAND e ANTIKAROV, 2002).

Também existem opções um pouco mais complexas como, por exemplo, a *opção de conversão*, que é um portfólio de ações de compra e venda americanas, permitindo a seu detentor alternar (a um preço fixo) entre dois modos de operação. Há também opções sobre opções, denominadas *opções compostas*, que é o caso do investimento em fases, onde cada fase é uma opção contingente ao exercício anterior de outras opções. Quando a opção é movida por múltiplas fontes de incerteza, como o preço da unidade de produto, quantidade que pode ser vendida ou as taxas de juros incertas, denominam-se *opções arco-íris* (COPELAND e ANTIKAROV, 2002).

Na tabela 2, podem ser verificada, de forma resumida, cada uma das opções, bem como a flexibilidade proporcionada por cada uma delas.

Tabela 2 – Descrição dos tipos de Opções Reais

Tipo de Opção	Flexibilidade Proporcionada
Deferimento	Adiar o início de um projeto
Abandono	Abandonar um projeto
Contração	Reduzir a dimensão do projeto
Expansão	Ampliar a dimensão do projeto
Conversão	Alternar entre dois projetos
Compostas	Expandir em fases
Arco-Íris	Expandir em fases, porém com muitas incertezas

2.3 Orizicultura no Brasil

Segundo informe do BNDES (PAULA, 2008), o arroz é o cereal de maior consumo direto no mundo, chegando à mesa do consumidor em quase todas as vezes sem transformação alguma, apenas descascado e limpo. Outros cereais geralmente são utilizados também em forma de farinha ou para alimentação animal, usos que não são classificados como consumo direto.

O arroz é uma planta que necessita calor, sendo a temperatura ideal em torno de 30°C. Outra condição importante a ser observada é a umidade, o que justifica o fato de ser bastante utilizada como primeira cultura após desmatamento de área, aproveitando o solo úmido. No Rio Grande do Sul, muitas vezes as terras de arroz são submetidas a planos de plantio que contemplam a rotação da cultura, sendo utilizado somente um terço do total do terreno a cada ano.

A maior parte do cultivo de arroz no mundo é realizada em áreas irrigadas por inundação (Paula, 2008). Também existem áreas de cultivo não inundadas, denominadas arroz de sequeiro, porém só podem ser praticadas em regiões onde as chuvas ocorrem de forma regular e bem distribuída durante a época de desenvolvimento da planta. A produtividade do cultivo inundado é maior que o arroz de sequeiro, porém os custos com irrigação tornam a relação preço/saca por hectare bastante próxima.

Além disso, dados da Companhia Nacional do Abastecimento (CONAB, 2012) revelam a importância do arroz na economia brasileira, pois este possui uma representatividade superior a 40% dos estoques públicos em julho de 2012. Conforme levantamento feito pelo IBGE em 2006, o Rio Grande do Sul lidera a produção de arroz no Brasil, tendo o município de Uruguaiana como principal produtor, com 5,1% da produção nacional (590.329 toneladas) naquele ano.

2.4 Teoria das opções reais em investimentos do agronegócio

A TOR tem sua aplicabilidade baseada em ambientes de alto nível de incerteza, nos quais a flexibilidade de um investimento pode ser analisada pelo tomador de decisão. Portanto, o agronegócio se apresenta como o ambiente ideal para a TOR, visto que há muita incerteza devido a fatores climáticos e de mercado. O desafio atual, entretanto, é descobrir como institucionalizar o processo de reconhecer, avaliar e exercer as opções presentes em futuros projetos de investimentos, especialmente nesses mercados com elevada incerteza, mas com grandes promessas de bons resultados a curto e longo prazo (NARDELLI e MACEDO, 2012).

Apesar de, segundo Fernandes et. al (2011), a TOR ainda não ser muito utilizada na prática, pode-se observar que vários estudos tem sido publicados nos últimos anos acerca do assunto. No ramo de agronegócios, Macedo e Nardelli (2011) apresentam um estudo de caso aplicado a um projeto agroindustrial de processamento de frutas, no qual se pretende produzir sucos, polpas, geleias, doces e frutas desidratadas. A avaliação demonstrou o valor das flexibilidades operacionais do projeto, considerando as opções reais contempladas pelo mesmo e focando na possibilidade de abandonar o projeto.

Uma pesquisa empreendida no nordeste dos EUA utilizou a TOR para avaliar negociações entre fazendeiros locais, o que possibilitou uma análise global da influência que a urbanização exercia no desenvolvimento da cadeia agrícola. Como resultado específico da TOR, pode-se observar que, para a maioria dos tomadores de decisão, a opção de adiamento na decisão de vender lotes de terra era proveitosa, pois o valor da opção calculado foi positivo (ISGIN e FORSTER, 2005).

Nardelli e Macedo (2012), em outro estudo, também analisaram o investimento em projetos de processamento de frutas sob outra ótica, considerando a possibilidade de adiamento da decisão. Diferente da primeira situação, dessa vez foi obtido uma diferença grande entre o VPL simples e o VPL expandido (com as opções reais do projeto), da ordem de 207%, evidenciando a necessidade de se utilizar a análise de opções reais em mercados com incerteza, onde se insere o agronegócio.

3 Procedimentos Metodológicos

A pesquisa realizada caracteriza-se por ter natureza aplicada, pois apresenta a aplicação prática de um método; abordagem quantitativa, visto que o método realizado é baseado análises quantitativas; objetivos descritivos, já que tem por finalidade principal apresentar a sequência de etapas necessárias para a aplicação da Teoria das Opções Reais, bem como descrever como cada uma delas é realizada. Ressalta-se que, para realizar essa descrição, foi utilizado um caso ilustrativo referente ao ramo de agronegócios ou, mais especificamente, uma lavoura de arroz.

Para a realização do trabalho foi realizada, primeiramente, uma revisão bibliográfica sobre tema para fins de contextualização, a qual consistiu de artigos, internacionais e nacionais, e livros. Logo após, foi definido o cenário de aplicação do método, procurando-se realizá-lo em um contexto com características que justifiquem sua utilização e, portanto, apresente uma contribuição prática. Em seguida, identificou-se o tipo de Opção Real envolvido no problema em questão e, baseado nisso, levantados os dados necessários para a aplicação. Por fim, foram realizados os cálculos referentes ao tipo de Opção Real envolvida no sistema e conclui-se a respeito dos resultados obtidos.

4 Resultados e Discussões

Primeiramente, observando-se a literatura disponível sobre TOR, definiu-se a base de informações para o desenvolvimento desse trabalho. O problema de aplicação da TOR é hipotético, pois nesse ramo de negócio não existe mercado de capitais. Essa aplicação ocorreu logo após a colheita da safra de arroz, onde todo o arroz em casca está disponível para ser liquidado, sendo esse o momento no qual o decisor deve decidir se deve vender a sua safra. Partindo do princípio de que existe a opção de ele vender por um preço acertado com um comprador - preço de exercício -, o fato de procurar o melhor momento para venda, configura a opção como opção de venda americana (COPELAND e ANTIKAROV, 2002). Assim, nessa seção será descrita a aplicação da TOR para esse caso.

A primeira etapa a proceder com as opções reais é explicitar a variável impactante no negócio e as características econômicas da empresa e da opção. Uma vez que se está no final da safra, a alternativa existente é a venda das sacas de arroz, que, dependendo do preço e do período de venda, impactarão no valor presente líquido da lavoura

de arroz. Assim, a variável a ser analisada será o valor da saca de arroz que definirá o momento e o modo do estoque. O valor presente sem flexibilidade (V_0) do produto é R\$ 23,07 e o valor de exercício (X) é de R\$23,56, que pode ser exercido a qualquer momento (opção de venda americana). Baseado no histórico de preços de venda (AGROLINK, 2012), definiu-se um fator de movimento ascendente (u) próximo ao comportamento mensal do preço do arroz que é igual a 1,040, o qual, conseqüentemente, gera um fator de movimento descendente (d) 0,962 através do pressuposto de que $u=1/d$. É importante ressaltar que, analisando o investimento, trabalhou-se com uma taxa nominal anual livre de risco (r) igual a 6% e com um custo de capital nominal anual (k) igual a 10% para um período de 12 meses para exercer a opção.

Com base na “triangularidade implícita entre o preço corrente do ativo subjacente, os retornos esperados ao final do período (sujeitos à volatilidade do projeto), o custo de capital e as probabilidades de subida e de descida” (COPELAND e ANTIKAROV, 2002), chega-se às probabilidades de subida (P) igual a 0,60 e de descida ($P-I$) igual a 0,40, que foram obtidas através da equação 1 que considera o desconto contínuo do custo de capital.

$$P = \frac{(e^{k/t} - d)}{(u - d)} \tag{1}$$

A partir dessas informações, foi desenvolvida a árvore do valor subjacente da saca de arroz, a qual pode ser verificada na figura 1. Posicionado no nó A, encontra-se o valor da saca no período 0, ou seja, logo após a safra. Os nós imediatamente subsequentes (B e C) situam-se no período 1 e são compostos pelos seus respectivos fatores de ascendência e descendência. Seguindo essa mesma lógica encontramos os nós D, E e F no período 2.

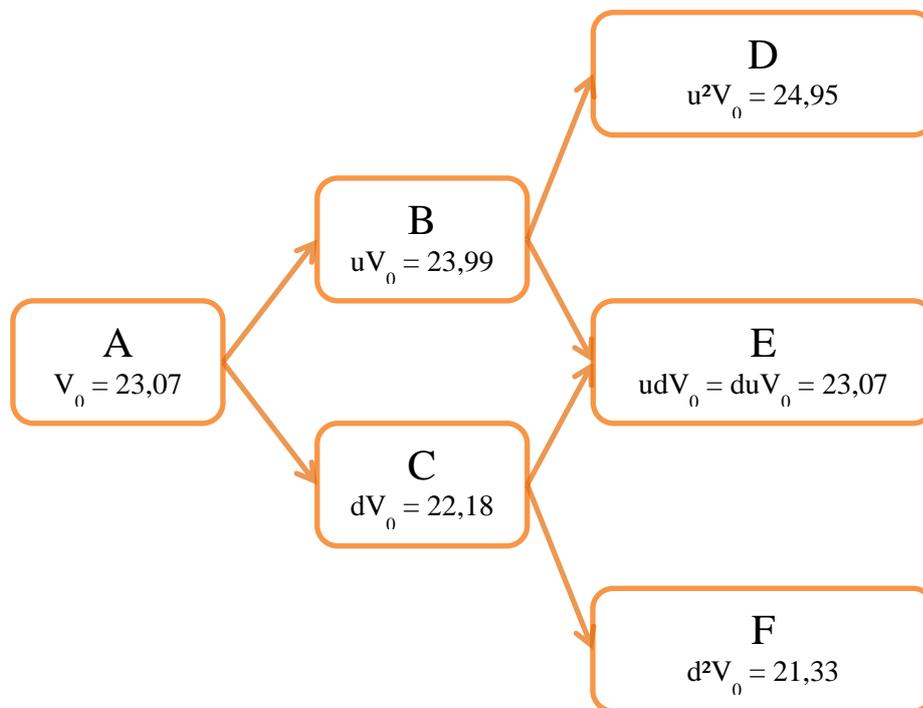


Figura 1 – Árvore do Valor Subjacente da saca de arroz.

Para solucionar o projeto com a flexibilidade proporcionada pela possibilidade de exercitar a opção de venda americana, sendo a unidade de saca vendida a R\$ 23,56, deve-se identificar o melhor preço de venda para os nós do final da árvore de decisão. Deste modo, avalia-se para cada nó do período 2 qual é a opção que proporciona o maior retorno: vender pelo preço de exercício (X) ou pelo preço em cada um desses nós (V_t). Assim, baseada na equação 2, obtém-se o retorno ótimo para os nós finais e, atrelado a essa informação, a decisão a ser realizada em cada nó.

$$Retorno = Max(V_t, X) \tag{2}$$

Para a decisão nos nós do período 1, realiza-se uma avaliação semelhante aos nós finais, utilizando a equação 2. Porém, nesse momento, deve-se calcular o valor do ativo (V_t), se a opção não for exercida, considerando as possibilidades dos nós subsequentes. Desta forma, segundo Copeland e Antikarov (2002), é necessário resolver o problema por meio da abordagem do portfólio replicado, que afirma que o portfólio que pode ser utilizado para replicar os retornos de final de período é de exatamente m unidades do ativo subjacente, mais B títulos. Por exemplo, o valor do nó C com flexibilidade (C_d) é dado pela Equação 3.

$$C_d = mdV_0 + B \quad (3)$$

Para obter os valores de m e B aplica-se a equação 3 nos nós subsequentes ao nó em estudo. Assim, chega-se a um sistema de equações que resulta na equação 4, que no caso é aplicada para o nó C. O valor do título B é encontrado através da substituição da equação 4 na 3.

$$m = \frac{(C_{du} - C_{dd})}{dV_0(u-d)} \quad (4)$$

Assim, calculando os valores dos ativos de cada nó chega-se a tabela 3, que explicita o número de unidades do ativo subjacente (m), o número de obrigações (B), o valor do ativo com flexibilidade (C), a decisão a ser tomada e a probabilidade de ocorrência do cenário de cada nó. Os valores de m e B não calculados para os nós D, E e F, porque não existe a necessidade, já que o valor da decisão é dado através da aplicação da equação 1.

Tabela 3 - Valor do ativo com flexibilidade

Nó	m	B	C	Decisão	Probabilidade
D			24,95	Adiar	36%
E			23,56	Vender	48%
F			23,56	Vender	16%
B	0,74	6,46	24,21	Adiar	60%
C	-	23,44	23,44	Vender	40%
A	0,42	13,97	23,75	Adiar	100%

Como os valores dos ativos com flexibilidade foram calculados, chega-se à árvore de decisão com os valores dos ativos com a opção de venda americana, a qual pode ser verificada na figura 2. Comparando o valor do ativo com flexibilidade e sem flexibilidade no nó A, obtém-se o valor da opção de venda americana que corresponde a R\$ 0,6792 por saca de arroz. Esse valor resulta em 2,88% do preço de exercício por saca, o que é próximo às taxas de comissão cobradas por compradores de arroz, que giram em torno de 2%.

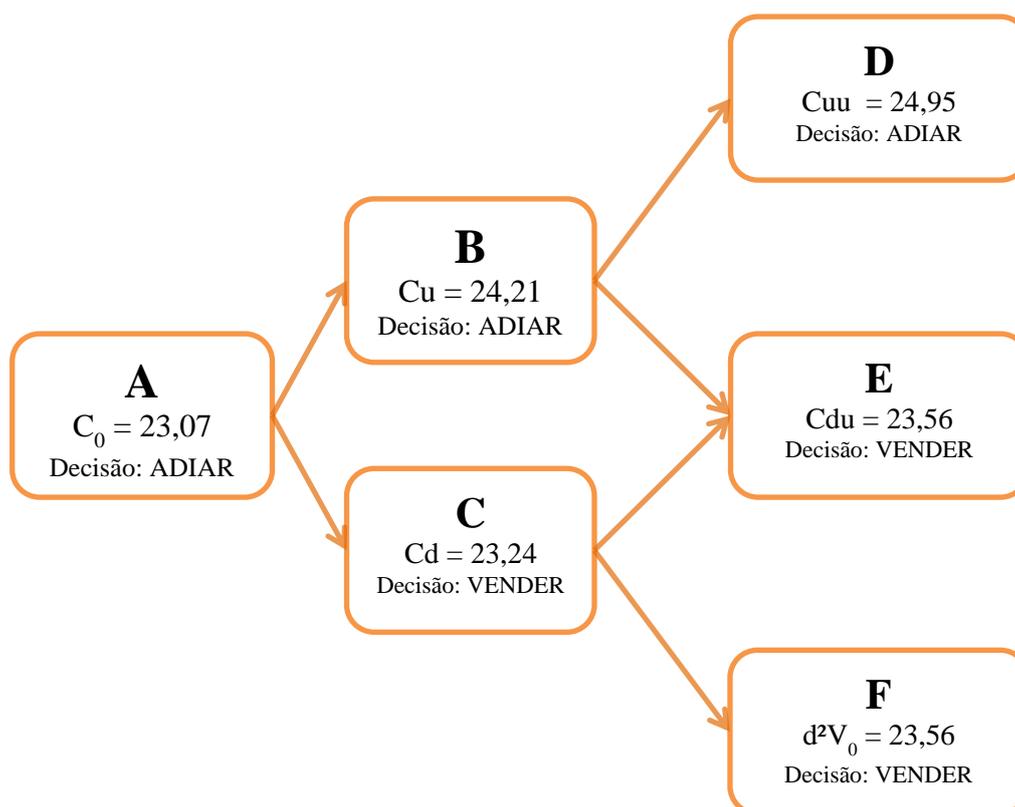


Figura 2: Árvore de decisão considerando a flexibilidade

Com o intuito de analisar o impacto da utilização da TOR em um fluxo de caixa de uma lavoura, considerou-se um fluxo de caixa fictício exposto no Apêndice A. Esse fluxo considera que todo desembolso tenha ocorrido no início do plantio, 4 meses antes da colheita, tendo o seus custos compostos por custos fixos e variáveis que resultam em um custo total de R\$337.491,78 gerador de 15.000 sacas de arroz ao final da produção. Os valores de entrada de caixa estão em função do preço da saca de arroz, que variou conforme expresso na figura 1. Para o cálculo do VPL e da TIR considerou-se a TMA igual à taxa livre de risco nominal anual (r) que resultou em 0,5% mensal. Foram analisados 6 cenários com base nos preços da saca de arroz sem flexibilidade e no período de venda para analisar o impacto no fluxo de caixa. Tais resultados estão expressos no Quadro 1.

Quadro 1 - Fluxo de caixa sem flexibilidade

Nó		A	B	D	C	E	F	
Preço da Sacca		23,07	23,99	24,95	22,18	23,07	21,33	
Período de venda	Período do Projeto	0	- 337.491,78	- 337.491,78	- 337.491,78	- 337.491,78	- 337.491,78	- 337.491,78
		1	0	0	0	0	0	0
		2	0	0	0	0	0	0
		3	0	0	0	0	0	0
		4	346.050,00	0	0	0	0	0
		5		59.892,00	0	332.740,38	0	0
		6			374.287,68		346.050,00	319.942,68
VPL		1.722,88	13.536,32	25.761,18	- 12.946,57	-1.644,00	-26.981,62	
TIR		0,63%	1,29%	1,74%	-0,28%	0,42%	-0,89%	

O fluxo de caixa sem flexibilidade apresenta valor presente líquido negativo para os nós C, E e F, que possuem respectivamente probabilidades de ocorrência de 40% no período 1 e de 48% e 16% no período 2. O que

evidencia também, que à medida que se posterga a venda, maior é a probabilidade de prejuízo, pois no período 0 a probabilidade de um cenário desfavorável é de 64% (48% + 16%). Observa-se também que apesar do VPL do nó E ser positivo, o que torna esse cenário menos prejudicial ao fluxo de caixa, mediante uma TMA flexível. Essa tendência é justificada pela taxa de juros existente, que penaliza o valor presente do projeto à medida que é postergada a venda. Esse fato fica evidente ao compararmos o VPL e a TIR da venda ao mesmo preço de venda (R\$23,07) em períodos diferentes (nós A e E). Embora as entradas de caixa sejam iguais, os valores presentes líquidos são diferentes.

Por outro lado, ao considerar o mesmo fluxo de caixa, porém, agora, considerando o preço de venda com flexibilidade, como pode ser verificado no Quadro 2, o resultado do VPL continua negativo para os mesmos nós do fluxo sem flexibilidade. Todavia, a TIR permanece sempre positiva, ou seja, flexibilizando o valor da TMA à TIR, os fluxos podem tornar-se positivos. Outra vantagem da compra da opção de venda americana é que os fluxos de caixa, em caso de preços descendentes, o VPL negativo é mitigado. Esse mesmo efeito, de suavização nos valores mínimos, ocorre para valores presentes líquidos positivos. Quando os preços possuem comportamento ascendente, os lucros são reduzidos devido ao valor pago pela compra de opção não exercida.

Quadro 2 - Fluxo de caixa com flexibilidade

Valor da saca		23,75	24,21	24,95	23,44	23,56	23,56
Período de venda	Período do Projeto	0	- 337.491,78	- 337.491,78	- 337.491,78	- 337.491,78	- 337.491,78
		1	0	0	0	0	0
		2	0	0	0	0	0
		3	0	0	0	0	0
		4	346.050,00	0	0	0	0
		5		352.966,70	0	341.454,13	0
		6			364.100,01		343.212,33
	VPL	1.722,88	6.781,59	15.873,87	-4.447,44	-4.398,00	-4.398,00
	TIR	0,63%	0,90%	1,27%	0,23%	0,28%	0,28%

5 Conclusão

O presente trabalho apresentou a utilização da TOR em uma empresa que atua no ramo de lavoura de arroz, visando descrever, fundamentalmente, todas as suas etapas de aplicação. No caso apresentado, foi utilizada a opção de venda americana devido a sua aplicabilidade ao ramo de lavouras de arroz e, também, simplicidade e facilidade de compreensão.

Verificou-se, a partir desse estudo, que as opções reais condizem com um caso mais acurado em detrimento aos métodos tradicionais de análise, pois consideram as incertezas e a flexibilidade gerencial de um projeto. Conforme verificado no caso prático, esses métodos tradicionais, mais especificamente o VPL, tendem a superestimar os lucros e/ou perdas de um projeto.

Para o caso em questão, verificou-se que o preço máximo a ser pago para uma opção de deferimento era de R\$ 0,6792 por saca de arroz, ou seja, caso fosse realizado um investimento maior do que esse para se adquirir a opção, o investidor estaria incorrendo em prejuízos. Foram apresentados, também, o fluxo de caixa e o VPL para os casos considerando e desconsiderando a flexibilidade gerencial. Esses experimentos demonstraram que a utilização da TOR mitiga os prejuízos de uma lavoura caso o cenário não seja favorável. Por outro lado, caso o mercado esteja favorável ao produtor de arroz, a compra de opções reais e a sua não utilização reduzem o lucro que o empresário poderia ter tido se não comprasse as opções reais.

São propostos, para estudos futuros, a realização de estudos de caso com dados reais de empresas do ramo de agronegócio, bem como a aplicação de outros tipos de opções que possuam relevância nesse ramo. Além disso, esse trabalho possibilitou a oportunidade para investigar o mercado de opções reais para a orizicultura.

Referências Bibliográficas

BLACK, F.; SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, v. 81, n.3, p 637-654, 1973.

BLANK, L.; TARQUIN, A. *Engenharia Econômica*. São Paulo: McGraw Hill, 2008.

CAVARARO, R. *Produção Agrícola Municipal 2006*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pamclo/2002_2006/pamclo2002_2006.pdf. Acesso em: 20/07/2012.

COMPANIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>

COPELAND, T.E.; ANTIKAROV, V. *Opções Reais: um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimentos*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2002.

EDER, C.F.; MENESES, G.; FITERMAN, L.; TINOCO, M.A.C. *Avaliação dos métodos da taxa interna de retorno modificada: uma aplicação prática*. Disponível na internet em: http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/87_tir_modificada.pdf, Porto Alegre, 2004. Acessado em: 24/06/2012.

FERNANDES, B.; CUNHA, J.; FERREIRA, P. *Real Options Theory in comparison to other project evaluation techniques*. ICOPEV. Guimarães – POR, 2011.

FONSECA, Y. D. *Técnicas de avaliação de investimentos: uma breve revisão da literatura*. 24 f. 2003 (Pós-graduação) - UNIFACS, Salvador.

GALESNE, A.; FENSTERSEIFER, J.E.; LAMB, R. *Decisões de investimentos da empresa*. São Paulo: Editora Atlas, 1999.

HISTÓRICO DE COTAÇÕES DA AGROLINK, Disponível em: www.agrolink.com.br/cotacoes/Historico.aspx?e=9844&p=1788&l=-1. Data de acesso: 23/07/2012

ISGIN, T.; FORSTER, D. L. Using real options theory to analyze the impacts of urban development on farm real estatemarkets. *Turk J. Agric For* v.29, p.409-417. Ed. Tubitak, 2005.

MACEDO, M.A.S.; NARDELLI, P.M. Utilizando opções reais na análise de viabilidade de projetos de investimento agropecuários: um ensaio técnico. In: *Congresso da sociedade brasileira de economia, administração e sociologia rural*, 46. Rio Branco. p. 1-21

MACEDO, M.A.S.; NARDELLI, P.M. Teoria de Opções Reais e viabilidade econômico-financeira de projetos agroindustriais: o caso da opção de abandono. *Rev. Organizações Rurais & Agroindustriais*, v.13, n. 1, p.109-123. Lavras, 2011.

MINARDI, A.M.A.F. Teoria de opções aplicada a projetos de investimento. *RAE: Revista de Administração de Empresas*. São Paulo, v.40, n.2, p.74-79. 2000.

MYERS, S.C. Determinants of Corporate Borrowing. *Journal of Financial Economics*, v.5. 1977

NARDELLI, P.M.; MACEDO, M.A.S. Análise de um Projeto Agroindustrial Utilizando a Teoria de Opções Reais: a opção de adiamento. RESR, vol. 49, n. 4, p. 941-966. Piracicaba, 2012.

NOGUEIRA, C.R.; SATO, M.K.; MARTÍN, D.M.L.; BASSO, L.F.C.; KIMURA, H. A decisão ótima de abandono do investimento em uma lavoura de café, na região de Franca, considerando os impactos do ciclo produtivo. Rev. Facef Pesquisa, n.3, v.9, São Paulo, 2006.

PAULA, S. R. L. Oziicultura: Principais características atuais. 5. ed. BNDES, 2008.

RYAN, P. A.; RYAN, G. P. Capital Budgeting Practices of the Fortune 1000: How have things changed, Journal of Business and Management, v.8, n.4, 2002.

SANTOS, M.S.; PAMPLONA, O.P. Teoria das Opções Reais: Uma abordagem estratégica para a análise de investimentos. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 21. Salvador. p. 1-8

SILVA NETO, L. A. Opções: do exótico ao tradicional. São Paulo: Editora Atlas, 1996.

Apêndice A

Nó (com opção de venda)	A	B	C	D	E	F
Valor da saca	23,75	24,21	24,95	23,44	23,56	23,56
Custo Fixo	100.000,00	100.000,00	100.000,00	100.000,00	100.000,00	100.000,00
Custo Variável	237.491,78	237.491,78	237.491,78	237.491,78	237.491,78	237.491,78
Custo Total	- 337.491,78	- 337.491,78	- 337.491,78	- 337.491,78	- 337.491,78	- 337.491,78
Produção (sacas)	15.000,00	15.001,00	15.002,00	15.003,00	15.004,00	15.005,00
Entrada	356.237,67	363.178,57	374.337,59	351.712,12	353.494,24	353.517,80