



**APLICAÇÃO DA TEORIA DAS OPÇÕES REAIS NA ANÁLISE DE
INVESTIMENTOS EM CONCESSÃO FLORESTAL**

MAISA ISABELA RODRIGUES

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA-UnB**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**APLICAÇÃO DA TEORIA DAS OPÇÕES REAIS NA ANÁLISE DE
INVESTIMENTOS EM CONCESSÃO FLORESTAL**

MAISA ISABELA RODRIGUES

ORIENTADOR: Dr. ÁLVARO NOGUEIRA DE SOUZA

CO-ORIENTADORA: Dra. MAÍSA SANTOS JOAQUIM

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

PUBLICAÇÃO: PPGEFL.DM-271/2016

BRASÍLIA – DF FEVEREIRO DE 2016

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**“APLICAÇÃO DA TEORIA DAS OPÇÕES REAIS NA ANÁLISE
DE INVESTIMENTOS EM CONCESSÃO FLORESTAL”**

MAISA ISABELA RODRIGUES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS FLORESTAIS.

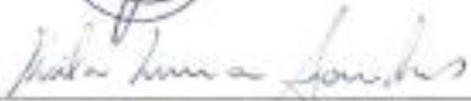
APROVADA POR:



Prof^o Dr. ÁLVARO NOGUEIRA DE SOUZA (Departamento de Engenharia Florestal – EFL/UnB);
(Orientador)



Prof^a Dra. MAISA SANTOS JOAQUIM (Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – FAV/UnB);
(Coorientadora)



Prof^a Dra. KEILA LIMA SANCHES (Instituto Federal de Brasília – IFB);
(Examinador Externo)



Prof^o Dr. REGINALDO SÉRGIO PEREIRA (Departamento de Engenharia Florestal – EFL/UnB);
(Examinador Interno)

BRASÍLIA/DF, 29 DE FEVEREIRO DE 2016.

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade de Brasília.

RR696a	RODRIGUES, MAISA ISABELA Aplicação da teoria das opções reais na análise de investimentos em concessão florestal / MAISA ISABELA RODRIGUES; orientador ÁLVARO NOGUEIRA DE SOUZA; co orientador MAÍSA SANTOS JOAQUIM. -- Brasília, 2016. 64 p. Dissertação (Mestrado - Mestrado em Ciências Florestais) -- Universidade de Brasília, 2016. 1. Engenharia Florestal. 2. Manejo Florestal. 3. Economia Florestal. 4. Avaliação Financeira. 5. Concessão Florestal. I. NOGUEIRA DE SOUZA, ÁLVARO, orient. II. SANTOS JOAQUIM, MAÍSA, co-orient. III. Título.
--------	--

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

RODRIGUES, M. I. (2016). **Aplicação da teoria das opções reais na análise de investimentos em concessão florestal**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL.DM-271/2016. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 64 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTORA: Maisa Isabela Rodrigues

TÍTULO: Aplicação da teoria das opções reais na análise de investimentos em concessão florestal.

GRAU: Mestre

ANO: 2016

É concedido à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Maisa Isabela Rodrigues
maisarodrigues.eng@gmail.com

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas oportunidades que me foram dadas, por ter me colocado no lugar certo e no momento certo, pois assim pude conviver com pessoas maravilhosas.

À Universidade de Brasília, e em especial ao departamento de Engenharia Florestal que sempre nos atendeu tão bem, e aos professores que participaram do meu processo de formação. Obrigado pelos preciosos ensinamentos!

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus orientadores, Álvaro Nogueira de Souza e Maísa Santos Joaquim, cujas orientações foram imprescindíveis para a realização do trabalho. Obrigado pelo carinho e atenção que sempre tiveram comigo!

Aos meus pais, por entenderem a minha ausência, me recebendo sempre com amor, atenção e carinho aos fins de semana. Nenhuma conquista faria sentido se não tivesse vocês para compartilhá-las comigo. Amo vocês!

Aos meus irmãos Pedro, Marina e Bel, pela cumplicidade, paciência e amizade. À Maica, que também faz parte da família, pela espera e recepções calorosas a cada vez que volto para casa.

Ao Ismael, principal responsável pelas minhas conquistas, que me tornou possível. Obrigado por permanecer sempre ao meu lado, pelo carinho, apoio e paciência incondicionais em todos esses anos. Obrigado por nunca ter me deixado desistir, pela ajuda nos trabalhos e relatórios, por revisar os meus textos e por tentar me acompanhar nas diversas madrugadas que passei estudando. Nunca vou me esquecer disso. Você é, e sempre será muito especial para mim.

Aos amigos de longa data, Aninha, Raiane, Thiago e Luisa, por compreenderem a minha ausência, pela amizade incondicional e cuidado de sempre. Não tenho palavras para expressar o quão importantes vocês são para mim.

À Juliana e ao Ilvan, meus verdadeiros pilares na UnB, que muitas vezes me sustentaram, com quem compartilhei todas as tristezas e alegrias dos últimos dois anos. Obrigado pelo carinho!

Aos colegas da pós-graduação Joabel, Marco, Genilda e Fabrícia, que chegaram aos pouquinhos, mas nem por isso são menos importantes. Vocês tornaram a minha vida acadêmica muito mais leve e feliz. Agradeço em especial ao professor Ricardo Gaspar, que tanto nos ensina com a sua simplicidade e cuidado para com os alunos.

A todos que de alguma forma me ajudaram e contribuíram com a minha formação. Obrigado!

“Desistir... eu já pensei seriamente nisso, mas nunca me levei realmente a sério; é que tem mais chão nos meus olhos do que o cansaço nas minhas pernas, mais esperança nos meus passos, do que tristeza nos meus ombros, mais estrada no meu coração do que medo na minha cabeça.”

Cora Coralina

RESUMO

Pouco se sabe a respeito da viabilidade financeira das concessões florestais. O Valor Presente Líquido (VPL) é o método mais adotado para a análise de investimentos. No entanto, os métodos determinísticos de avaliação financeira, como VPL, o Benefício Periódico (BPE) e a Taxa interna de Retorno (TIR) vêm sofrendo críticas, pois não consideram o risco e a flexibilidade gerencial, presente na maior parte dos investimentos. Uma vez que a Teoria das opções Reais (TOR) incorpora tanto a flexibilidade gerencial quanto os riscos, ela fornece resultados que mais se aproximam da realidade de mercado. O presente estudo teve por objetivo avaliar a viabilidade financeira de um investimento em concessão florestal. Para isso, foram adotados os métodos determinísticos (VPL, BPE e TIR), e a TOR, sendo analisada a opção de abandono do investimento. Como taxa mínima de atratividade, adotou-se a o IPCA do primeiro ano do horizonte de planejamento, que corresponde a 5,9023%. Como variável para a análise da TOR, adotou-se a produtividade (m^3/ha) dos primeiros anos da concessão florestal em estudo. O VPL do investimento corresponde à $\text{R\$ } 14,74.\text{m}^3^{-1}$, o BPE foi de $\text{R\$ } 0,96.(\text{m}^3.\text{ano})^{-1}$ e a TIR de 20,75%. Para ser considerado viável, a concessão florestal deve apresentar produtividade mínima de $17,75 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$. Com a distribuição da variável estocástica, obtida por meio da simulação Monte Carlo, calculou-se a volatilidade, que corresponde a 34,64%. Os movimentos ascendente e descendente da árvore de eventos foram 1,40 e 0,71, respectivamente, com probabilidade de ocorrência de 26,63% para o movimento ascendente e 76,37% para o movimento descendente. Das 861 decisões gerenciais, a opção de prosseguir com o investimento foi adotada em 237 nós (27,53%), e a decisão de abandono foi exercida em 624 nós (72,47%). Como se esperava, a análise por meio da TOR apresentou retorno financeiro superior ao valor obtido pelo VPL. O VPL expandido foi equivalente a $\text{R\$ } 74,07.\text{m}^3^{-1}$, 5,02 vezes maior que o VPL tradicional. Dessa forma, a flexibilidade gerencial apresentou valor positivo, uma vez que o VPL com flexibilidade é superior ao VPL tradicional. O VOR do investimento corresponde a $\text{R\$ } 59,33.\text{m}^3^{-1}$. Esse valor expressa a flexibilidade gerencial do investimento. Conclui-se que os métodos determinísticos se mostraram insuficientes para a análise financeira do investimento. Uma vez que insere riscos e flexibilidade gerencial em sua análise, a TOR provou ser uma boa ferramenta no auxílio à tomada de decisão.

Palavras-chave: análise de risco, viabilidade financeira, Amazônia brasileira, manejo florestal sustentável.

ABSTRACT

Little is known about the financial viability of forest concessions. The Net Present Value (NPV) is the most used method for investment analysis. However, the determining methods for financial analysis, such as the NPV, the Equivalent Periodic Benefit (EPB) and the Internal Return Rate (IRR) have been criticized, because they do not consider the risks and management flexibility existent on most investments. Since the Real Options analysis (ROA) incorporated, both, the management flexibility and the risks, it provides results closer to the market reality. This research aimed to evaluate the financial flexibility of an investment under forest concession. Considering that, we adopted the determining methods (NVP, EPB and IRR) and the ROA, analyzing the reasons why the investments were abandoned. As a minimum attractiveness rate, we adopted the IPCA of the first year of planning, which corresponds to 5,9023%. We adopted the production rates (m^3/ha) of the initial years of forest concession as a variable to analyze the ROA. The NVP of the investment corresponds to $\text{R\$ } 14,74.\text{m}^3^{-1}$, the EPB was $\text{R\$ } 0,96. (\text{m}^3.\text{year})^{-1}$ and the IRR was 20,75%. In order to be considered viable, the forest concession must present a minimum production of $17,75 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$. By distributing the stochastic variable, obtained by the Monte Carlo simulation, it was possible to calculate the volatility, which corresponds to 34,64%. The ascending and descending movements of the event trees were 1,40 and 0,71, respectively, with an occurrence probability of 26,63% for the ascending movement and 76,37% for the descending movement. From the 861 management decision, the choice for pursuing the investment was adopted in 237 knots (27,53%), and the option for abandoning occurred in 624 knots (72,47%). As expected, the ROA analysis presented a financial feedback superior to the value obtained by the NVP. The NVP expanded was equivalent to $\text{R\$ } 74,07.\text{m}^3^{-1}$, 5,02 times greater than the traditional NVP. Therefore, the management flexibility presented a positive value, since the flexible NVP is superior to the traditional NVL. The ROA of the investment corresponds to $\text{R\$ } 59,33.\text{m}^3^{-1}$. This value expresses the managing flexibility of the investment. We concluded that the determining methods shown to be insufficient to perform the financial analysis of the investment. Once it inserts risks and managerial flexibility in its analysis the ROA proved to be a good tool to aid in decision making.

Keywords: Risk analysis, financial viability, Brazilian Amazon, sustainable forestry management.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABELAS	XI
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	XII
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo geral	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	3
3.1. Unidades de conservação.....	3
3.2. Manejo florestal na Amazônia brasileira.....	5
3.3. Concessão florestal	7
3.4. Análises de investimentos – métodos determinísticos	10
3.5. Risco	12
3.6. Teoria das Opções Reais (TOR).....	13
3.6.1. Método Monte Carlo.....	22
4. MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1. Caracterização da área de estudo.....	24
4.2. Base de dados	25
4.3. Avaliação financeira do plano de manejo.....	27
4.3.1. Avaliação financeira por meio de métodos determinísticos	28
4.3.2. Avaliação financeira por meio da TOR	29
4.3.2.1. Determinação da volatilidade	29
4.3.2.2. Cálculo da árvore de eventos	30
4.3.2.3. Valor de abandono	31

4.3.2.4. Análise da Opção Real.....	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1. Avaliação financeira por meio de métodos determinísticos.....	33
5.2. Avaliação financeira por meio da TOR.....	35
5.2.1. Determinação da volatilidade	35
5.2.2. Árvore de eventos	36
5.2.3. Valor de Abandono	38
5.2.4. Análise da Opção Real.....	39
6. CONCLUSÕES.....	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Efeito das incertezas no valor do projeto.	13
Figura 2. Modelo binomial.	17
Figura 3. Emprego do método Monte Carlo para a montagem da árvore de eventos. ...	23
Figura 4. Localização da FLONA Jamari.	24
Figura 5. Localização da UMF 1 na FLONA Jamari.	25
Figura 6. VPL anual do investimento.	34
Figura 7. Distribuição de probabilidade da produtividade do manejo florestal.	35
Figura 8. Representação da árvore de eventos do investimento.	37
Figura 9. Probabilidade de ocorrência dos movimentos ascendente e descendente para cada período.	38
Figura 10. Valor da opção de abandono.	39
Figura 11. Representação da árvore de decisão do investimento.	40
Figura 12. Representação da árvore de opção real do investimento.	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resumo das concessões florestais no Brasil.....	9
Tabela 2. Analogia entre opção real e opção financeira.....	14
Tabela 3. Tipos de Opções e seus usos.....	19
Tabela 4. Histórico de estudos usando a TOR.....	20
Tabela 5. Resumo do fluxo de caixa da concessão da UMF 1 da FLONA Jamari.	26
Tabela 6. Produtividade da UMF 1, FLONA Jamari.	29
Tabela 7. Métodos determinísticos de análise financeira.	34
Tabela 8. Parâmetros utilizados para construção da árvore de eventos.....	36
Tabela 9. Resultados dos métodos de análise financeira.	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNUC	Cadastro Nacional de Unidades de Conservação
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FLONA	Floresta Nacional
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Biodiversidade
INPA	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
MGB	Movimento Geométrico Browniano
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PAOF	Plano Anual de Outorga Florestal
PMFS	Plano de Manejo Florestal Sustentável
RDS	Reserva de Desenvolvimento Sustentável
RESEX	Reservas Extrativistas
SFB	Serviço Florestal Brasileiro
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
TIR	Taxa Interna de Retorno
TOR	Teoria das Opções Reais
UMF	Unidade de Manejo Florestal
VOR	Valor de Opção Real
VPL	Valor Presente Líquido
WACC	Custo Médio Ponderado do Capital (<i>Weighted Average Cost of Capital</i>)

1. INTRODUÇÃO

Ao se falar de Amazônia brasileira, há dois diferentes conceitos: a Amazônia Legal e o bioma Amazônia. O bioma é caracterizado pela sua cobertura vegetal, que corresponde a 49% do território nacional, enquanto a Amazônia Legal consiste em uma região de planejamento, que vai além dos limites do bioma, correspondendo a 59% do território nacional (PEREIRA et al., 2010). Além dos estados contidos na região norte, a Amazônia legal abrange ainda o estado de Mato Grosso e parte do Maranhão. A produção de madeira em toras na Amazônia Legal em 2013 foi de aproximadamente 12,4 milhões de m³, sendo os estados do Pará e Rondônia os que mais contribuíram para essa produção, com 67% do volume produzido na região (MMA; SFB, 2015).

Apesar da expressiva produção, o Brasil não é considerado um líder mundial na comercialização de madeiras tropicais, lugar esse ocupado pela Malásia e Indonésia. Dentre os motivos que justificam a atual posição do país no cenário internacional, destaca-se a necessidade de uma oferta contínua e sustentável (PEREIRA et al., 2010). Segundo o autor, para que isso ocorra, as atividades primárias, com baixo valor agregado, devem ser substituídas por uma economia em que produtos e serviços da floresta sejam valorizados, e a renda das atividades contribua com a melhoria da qualidade de vida da população local.

Ao analisar o comportamento do mercado internacional de madeiras tropicais, Silva et al. (2012) apontaram o declínio da produção de madeira tropical pela Indonésia e Malásia devido à diminuição das áreas passíveis de exploração florestal. Esses países são os principais fornecedores de madeira tropical, e, de acordo com Higuchi et al. (2006), deixarão de fornecê-la em 2020. A tendência verificada nesse setor apresenta característica de nomadismo, em que, havendo o esgotamento das reservas florestais dos países asiáticos, ocorrerá o aumento da pressão sobre as florestas nacionais, uma vez que a floresta Amazônica consiste na última fronteira florestal (HIGUCHI et al., 2010).

Segundo Angelo et al. (2014), o manejo florestal consiste em uma boa alternativa para garantir a continuidade da produção de madeira, não sendo necessário a alteração de uso de solo nas áreas manejadas. Para os autores, além dos benefícios ambientais, as práticas de manejo florestal proporcionam melhorias na qualidade de vida da população local, por meio da geração de emprego e renda, sendo este um incentivo para a economia formal.

Como forma de aumentar a adoção das técnicas de manejo florestal sustentável, foi instituída a política de concessão florestal, implementada pelo Governo Federal, por meio da Lei N° 11.284/2006 (BRASIL, 2006). Além de garantir uma oferta contínua de produtos florestais madeireiros e não madeireiros, a concessão florestal também objetiva evitar a ocupação desordenada e a exploração ilegal das florestas. Assim, é possível manejar florestas públicas, podendo retirar dela produtos madeireiros e não madeireiros, em que os concessionários pagam à União valores definidos no processo de licitação pública das áreas a serem manejadas.

A carência de informações acerca da viabilidade financeira consiste em um dos principais entraves que afetam a adoção das práticas de manejo florestal (SABOGAL et al., 2006). Duas das principais pesquisas sobre manejo florestal na Amazônia brasileira, em Manaus (INPA) e na FLONA Tapajós (EMBRAPA-CPATU), foram realizadas em escala experimental, não sendo desenvolvidos estudos econômicos, o que consiste em uma lacuna das pesquisas em questão (HIGUCHI et al., 2010). A comprovação da viabilidade financeira das concessões florestais pode contribuir de forma efetiva para combinar os objetivos de maximizar o lucro das empresas, e também minimizar o impacto ambiental da agricultura e pecuária, alternativas econômicas do uso do solo na região (SANTANA et al., 2012).

Dentre os métodos mais utilizados para a análise de investimentos estão os métodos de fluxo de caixa descontado, como o Valor Presente Líquido (VPL), e a Taxa Interna de Retorno (TIR). Os métodos em questão vêm sofrendo críticas, uma vez que não consideram os riscos contidos nos investimentos e consideram o fluxo de caixa estático, em que o investimento é irreversível e inflexível (BRANDÃO; DYER, 2009, FERNANDES et al., 2011a). Como complemento dos métodos tradicionais, a Teoria das Opções Reais (TOR) é uma ferramenta muito utilizada na análise financeira de investimentos, sendo considerada uma boa ferramenta para o auxílio à tomada de decisão (COPELAND; ANTIKAROV, 2002), uma vez que capta os riscos inerentes ao investimento, além de permitir a flexibilidade gerencial ao longo do horizonte de planejamento.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

O estudo teve por objetivo avaliar a viabilidade financeira da concessão florestal da Floresta Nacional (FLONA) Jamari (UMF 1), adotando a metodologia da teoria das opções reais.

2.2. Objetivos específicos

- Analisar o risco do investimento para as empresas concessionárias;
- Analisar a viabilidade financeira da concessão florestal por meio dos métodos determinísticos VPL, BPE e TIR e pela TOR;
- Comparar os resultados obtidos pelos métodos determinísticos (VPL, BPE e TIR) com os resultados obtidos pela TOR;
- Calcular a produtividade mínima da concessão florestal para que o investimento seja considerado viável financeiramente.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Unidades de conservação

De acordo com a Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988), todos têm direito ao meio ambiente equilibrado, sendo de responsabilidade do Poder Público e da coletividade a preservação do mesmo, para as presentes e futuras gerações. Visando o cumprimento do direito supracitado, as unidades de conservação são instrumentos capazes de garantir a preservação dos recursos em questão. Têm-se por definição de unidade de conservação o espaço territorial e seus recursos, com características naturais relevantes e limites definidos (BRASIL, 2000). Essas áreas são instituídas pelo Poder Público, e possuem um regime de administração que deve garantir a sua proteção (BRASIL, 2000).

Até o ano 2000 não havia no Brasil um estatuto acerca das unidades de conservação. Assim, a legislação vigente era desintegrada, havendo o Código Florestal Brasileiro (Lei nº 4.771/1965) e diversas outras leis, além de decretos e atos administrativos normativos do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)

(SANTOS, 2008). Como forma de gerar um estatuto para gerir as unidades de conservação, foi elaborado o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), instituído pela Lei N° 9.985/2000, com o objetivo de estabelecer critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação. O SNUC promoveu melhorias no processo de criação, implantação e gestão das unidades de conservação, além de estabelecer ferramentas que permitiram a participação da sociedade na gestão, potencializando assim a relação entre os cidadãos, o Estado e o meio ambiente (MEDEIROS; ARAÚJO, 2011).

O SNUC possui 12 categorias de manejo de unidades de conservação. Destas, cinco são classificadas como unidades de conservação de proteção integral (Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio da Vida Silvestre) e sete de uso sustentável (Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Nacional).

As unidades de conservação de uso sustentável têm como objetivo único a preservação da natureza. Dessa forma, é permitido apenas o uso indireto dos recursos, não sendo permitido o consumo, coleta, dano ou destruição dos recursos naturais. Já as unidades de conservação de uso sustentável, além de preservarem a natureza, também têm por objetivo fazer o uso sustentável dos recursos naturais. Assim, podem ser usados de forma direta, sendo permitida a coleta e uso dos recursos naturais, para fins comerciais ou não (BRASIL, 2000). Para Santos (2008), as unidades de conservação, tanto de uso sustentável como de proteção integral, dispõem do mesmo objetivo, que é a conservação da vida e dos ambientes silvestres. Ainda, segundo o autor, como existem diversos contextos ecológicos e culturais, cada realidade necessita de uma estratégia específica de conservação.

Atualmente, existem no Brasil 1.940 unidades de conservação que estão em acordo com o SNUC, totalizando uma área de 1.551.196 km², nas esferas federal, estadual e municipal. Destas, 586 são de proteção integral (528.007 km²) e 1.354 de uso sustentável (1.023.189 km²) (CNUC, 2015). O Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBio) é o órgão competente responsável pela gestão das unidades de conservação federais. No âmbito estadual e municipal, a atividade em questão é atribuída aos órgãos estaduais e municipais, respectivamente.

As Florestas Nacionais (FLONA), estaduais e municipais são unidade de conservação de uso sustentável. De acordo com o SNUC, a FLONA é uma área com

cobertura vegetal predominantemente nativa, e tem por objetivo o uso sustentável dos recursos, bem como a pesquisa científica, dando ênfase na exploração sustentável de florestas nativas. Essa modalidade de unidade de conservação está presente em diversos outros países, como Canadá, Estados Unidos, Chile, Venezuela, entre outros, havendo uma gama de formas de gerenciamento. No Brasil, elas somam 104 unidades de conservação, com área de aproximadamente 299.966 Km² (CNUC, 2015).

Nas florestas nacionais, estaduais e municipais, é permitida a permanência de comunidades tradicionais, desde que tenham se estabelecido antes da criação da unidade de conservação. Por ser área de domínio público, as propriedades particulares devem ser desapropriadas e devidamente indenizadas, com pagamento em dinheiro (BRASIL, 2000). É permitida a visitação pública e pesquisas, além de atividades de manejo florestal sustentável. Assim, a FLONA tem por objetivo a preservação ambiental, bem como o uso racional dos recursos ambientais ali presentes.

3.2. Manejo florestal na Amazônia brasileira

A floresta Amazônica é considerada patrimônio nacional, e a sua utilização deverá ser feita de forma que seja assegurada a preservação ambiental, inclusive no que se refere aos recursos naturais (BRASIL, 1988). Visto que há uma demanda por produtos florestais madeireiros e não madeireiros, as práticas de manejo florestal sustentável são consideradas as mais adequadas para que essa demanda seja garantida e, ao mesmo tempo, evitar a degradação ambiental das florestas. No manejo florestal, deve-se manter o capital inicial da floresta, sendo explorado apenas seus juros, de forma que seja mantido o potencial de crescimento, retirando-se apenas o seu incremento, em ciclos periódicos (CARVALHO, 1984).

O termo ‘Manejo Florestal Sustentável’ surgiu em meados da década de 1950, quando foram realizados os primeiros inventários florestais na Amazônia (HIGUCHI et al., 2010). De acordo com a Lei 11.284/2006 (BRASIL, 2006), o manejo florestal sustentável consiste na administração da floresta para a obtenção de benefícios econômicos, sociais e ambientais, considerando-se a utilização de produtos florestais madeireiros e não madeireiros, assim como bens e serviços da floresta. Dessa forma, é possível atender à demanda por produtos florestais madeireiros e não madeireiros e, ao mesmo tempo, minimizar os danos causados aos espécimes remanescentes, e assim garantir a perpetuidade dos recursos ambientais.

O manejo florestal para a exploração de produtos florestais madeireiros e não madeireiros na Amazônia está previsto por lei desde 1965, por meio do Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 1965), instrumento que legisla sobre o uso dos recursos florestais. No entanto, a sua regulamentação foi feita após 30 anos, pelo Decreto n° 1.282/1995. Antes da efetiva implantação do manejo florestal sustentável, a retirada de árvores da Amazônia brasileira era feita por exploração convencional e predatória, não havendo preocupações com os indivíduos remanescentes ou com a regeneração da floresta. Segundo Higuchi et al. (2010), até meados da década de 1980, a madeira era considerada apenas um subproduto da execução de projetos agropecuários. Dessa forma, a atividade madeireira consistia em uma atividade secundária.

O manejo florestal tornou-se uma alternativa ao modelo de exploração convencional, tendo por objetivo principal minimizar o impacto ambiental oriundo da exploração convencional. A madeira legal de origem amazônica provém de planos de manejo florestal sustentável (PMFS), ou de Autorização de Desmatamento, pois é permitida a retirada de até 20% da cobertura vegetal nativa do bioma em questão para a alteração do uso do solo (BRASIL, 2012). O PMFS consiste em um documento técnico necessário para a implantação das atividades de manejo florestal, sendo o IBAMA o órgão competente responsável pela aprovação do PMFS e posterior fiscalização das atividades a serem realizadas.

Os PMFS são classificados de acordo com o método como as toras são retiradas da floresta. O PMFS que utiliza máquinas de arraste das toras possui intensidade máxima de corte equivalente a $30 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, com ciclo inicial de 35 anos. Já o PMFS que não utiliza máquinas para o arraste das toras apresenta uma intensidade máxima de corte correspondente a $10 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, e ciclo inicial mínimo de 10 anos. Para ambas as categorias de manejo, deve-se considerar o diâmetro mínimo de corte de 50 cm, e incremento anual de $0,86 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ quando não há estudos específicos para a área a ser manejada (CONAMA, 2009). Para Ruschel (2008), os ciclos de corte preestabelecidos são baseados em conhecimentos teóricos, que na prática precisam de comprovação.

Existe uma série de experimentos realizados na Amazônia que apresentam vantagens da exploração florestal manejada ao se comparar com as práticas de exploração convencional. Pereira et al. (2010) observaram os seguintes benefícios da exploração manejada: é mantido o valor futuro da floresta; há redução de 12% dos custos da madeira; os impactos causados sobre o solo e árvores remanescentes são reduzidos em 50%; o desperdício da madeira corresponde a apenas um terço do

desperdício causado pela exploração convencional; e há redução de 36% da emissão de carbono. Como pontos fracos do manejo florestal, destacam-se aspectos de cunho governamental, como a burocracia do processo, falhas na fiscalização, problemas de falta de crédito compatível para a atividade, entre outros (ANGELO et al., 2014).

3.3. Concessão florestal

Por definição, a concessão florestal consiste na delegação onerosa do direito de praticar o manejo florestal sustentável em uma unidade de conservação, objetivando a exploração de produtos e serviços da floresta (BRASIL, 2006). Dessa forma, a concessão florestal pode ser entendida como um instrumento econômico que visa o uso sustentável das florestas, associado à sua preservação.

A concessão florestal é uma modalidade de gestão de florestas públicas adotada por diversos países, como Estados Unidos, Malásia e Indonésia (JUVENAL; MATTOS, 2002). As mais antigas concessões florestais foram registradas na África Central e Oriental, datadas do século XIX (DRIGO, 2010). Para Vilanova et al., (2011), as concessões florestais representam parte importante da silvicultura em países tropicais. O modelo de gestão de florestas públicas foi implantado há mais de 20 anos na América Latina. Na Venezuela, as primeiras concessões aconteceram na década de 1970, na Bolívia, desde 1996, e no Peru, desde 2001 (KARSENTY et al., 2008; DRIGO, 2010; VILANOVA et al., 2011).

Segundo Carneiro et al. (2013), o Brasil tentou implantar as concessões florestais em três ocasiões: na década de 1970, durante a ditadura militar, e nos governos de Fernando Henrique Cardoso e Luiz Inácio Lula da Silva. Na segunda tentativa a proposta foi duramente criticada devido a suspeita de privatização das florestas nacionais. No governo de Luiz Inácio Lula da Silva, em 2005, a proposta de reformulação da Lei nº 4.776/2005 foi contestada, pois se temia que as florestas nacionais fossem entregues a empresas estrangeiras. Assim, segundo o mesmo autor, o governo criou em 2006 a lei de gestão de florestas públicas (Lei 11.284/2006) como forma de minimizar os temores e críticas ao sistema, complementando o projeto existente. A Lei 11.284/2006, regulamentada pelo Decreto Nº 6.063/2007, instituiu o Serviço Florestal Brasileiro (SFB), órgão gestor responsável pelo processo de concessão florestal, e trata da gestão de florestas públicas para a produção sustentável.

De acordo com a Lei 11.284/2006, a concessão pode ser feita para a exploração de florestas públicas, naturais ou plantadas, podendo ser explorados recursos florestais madeireiros e não madeireiros, além de serviços de turismo. Dessa forma, a legislação permite que os governos estaduais, municipais e federal gerenciem seus recursos florestais. Vale ressaltar que é permitida a exploração de recursos genéticos, minerais e hidrográficos, além de animais e créditos de carbono (AZEVEDO RAMOS et al., 2015).

Dentre as terras públicas (áreas militares, terras indígenas e unidades de conservação), apenas as unidades de conservação de uso sustentável que possuem plano de manejo e foram inscritas no Cadastro Anual de Florestas Públicas e incluídas no Plano Anual de Outorga Florestal (PAOF) são passíveis de concessão florestal. Salienta-se que o modelo de gestão em questão não pode ser aplicado às Reservas de Desenvolvimento Sustentável (RDS) e Reservas Extrativistas (RESEX), pois são unidades de conservação de uso sustentável destinadas ao uso comunitário (MMA; SFB, 2015).

A política de concessões florestais não visa apenas atender a demanda por produtos e serviços da floresta, por meio do uso sustentável. A premissa defendida pelo documento é de que a concessão florestal poderá dificultar o desmatamento, a grilagem de terras públicas e a ocupação desordenada da floresta, e, simultaneamente, propiciar uma gestão sustentável destas, aumentando a renda e melhorando a qualidade de vida da população local (GODOY, 2006; SILVA et al., 2009). A legislação em questão visa também implantar o manejo florestal sustentável em florestas públicas.

O direito de manejar florestas públicas pode ser dado, pelo governo, à empresas brasileiras e comunidades, necessariamente, pessoas jurídicas. A Lei de gestão de florestas públicas estabeleceu como prioridade para as concessões as comunidades que já habitam as FLONAS, ou sobre a qual estas possuem direito de uso, sendo que o foco da Lei é definir sob quais condições as empresas de capital nacional ou misto poderiam acessar os estoques florestais (CARNEIRO et al., 2013). A empresa que adquire a concessão terá o direito de manejar a área por um período de 40 anos. Ao final do contrato de concessão, a empresa concessionária deverá devolver a unidade de manejo de acordo com as condições previstas no edital da concessão (SFB, 2007).

Ao conceder terras públicas para serem manejadas, ocorre a delegação de direitos e deveres, do poder público para o privado (BRASIL, 2006). No entanto, a

concessão florestal não dá ao concessionário qualquer direito de posse pela área, ela apenas permite a realização das atividades descritas no contrato.

De acordo com o PAOF 2016 (MMA; SFB, 2015), dos 314 milhões de ha de florestas públicas (federais, estaduais e municipais), apenas 2% estão aptos à implantação de concessões florestais. Como áreas que não estão aptas para concessão, estão as unidades de conservação que se encontram sob concessão, as unidades de conservação que não apresentam plano de manejo, e as demais terras públicas que não são passíveis de concessão florestal. O potencial de produção de madeira em toras por florestas públicas passíveis de concessão em 2016 está entre 1 milhão e 1,2 milhão de m³, o que representa cerca de 10% da madeira em tora produzida pela Amazônia Legal em 2013 (MMA; SFB, 2015).

Das FLONAS destinadas à concessão (Tabela 1), apenas cinco UMFs estão em produção, sendo duas UMFs da FLONA Jamari (UMF 1 e UMF 3), duas UMFs da FLONA Saracá-Taquera (UMF 2 e UMF 3), e uma UMF da FLONA Jacundá (UMF 1) (MMA; SFB, 2015). O contrato de concessão florestal da UMF 2 da FLONA Jamari foi rescindido em 2012. As demais UMFs não iniciaram o processo de produção madeireira.

Tabela 1. Resumo das concessões florestais no Brasil.

FLONAs sob Concessão	Ano	Área das UMFs (ha)				
		UMF I	UMF II	UMF III	UMF IV	UMF V
Jamari (RO)	2008	17.178,71	32.998,12	46.184,25	-	-
Saracá-Taquera (PA)	2009	91.683,00	30.063,00	18.794,00	-	-
Amana (PA)	2010	30.798,00	19.029,00	29.207,00	42.077,00	89.049,00
Jacundá (RO)	2012	55.014,27	32.757,96	23.684,77	-	-
Saracá-Taquera (PA) - Lote sul	2012	26.898,00	59.408,00	-	-	-
Creporei (PA)	2013	29.157,00	134.148,31	59.863,90	219.219,03	-
Amana - Lote II (PA)	2013	29.886,86	133.240,65	140.126,40	-	-
Altamira (PA)	2014	39.073,00	112.994,00	98.414,00	111.436,00	-
Total				1.752.383,23		
FLONAs em Processo de Concessão	Ano	Área das UMFs (ha)				
		UMF I	UMF II	UMF III	UMF IV	UMF V
Creporei (PA) – Lote leste	2016	39.748,82	-	-	193.565,02	-
Itaituba I e II (PA)	2015	39.037,41	126.735,38	129.277,81	-	-
Caxiuanã (PA)	2015	37.365,00	87.067,00	52.168,00	-	-
Total				704.964,44		

Fonte: SFB (2016).

Esperava-se que 13 milhões de hectares de florestas fossem disponibilizados para concessão até 2018 (MMA, 2009). No entanto, após 8 anos da assinatura do primeiro contrato de concessão, apenas 13,48% das áreas estimadas foram concedidas. Para Azevedo Ramos et al. (2015), as concessões florestais são complexas, e de difícil implantação e, apesar de apresentar falhas, o processo de concessões florestais brasileiro está amadurecendo de forma lenta, mas constante. Ainda, segundo os autores, todo esse esforço poderá ser inútil se o mercado de madeiras tropicais é inundado com produtos mais baratos, gerados a partir de uma produção ilegal.

3.4. Análises de investimentos – métodos determinísticos

Por definição, a viabilidade financeira de investimentos consiste em verificar se os recursos disponíveis são suficientes para a implantação do investimento (REZENDE; OLIVEIRA, 2013). Segundo os autores, Para a análise de viabilidade financeira de um investimento, devem ser levados em consideração todos os custos e receitas gerados ao longo da vida do projeto. Tanto os custos como as receitas são valores diretos, observados do ponto de vista privado. Dentre os métodos adotados para a análise financeira de investimentos destacam-se os métodos de fluxo de caixa descontado. O Valor Presente Líquido (VPL), o Benefício Periódico Equivalente (BPE) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) são os métodos mais adotados.

O VPL é o valor atual de um investimento, estimado a partir dos custos e receitas futuras, descontados a uma taxa mínima de atratividade definida previamente. Assim, o VPL considera o valor do capital no tempo, ou seja, calcula o valor do ativo no passado, presente e futuro (GITMAN, 2004), transformando receitas futuras em valores atuais (SANT'ANNA; NOGUEIRA, 2010). O método em questão foi proposto por Fisher (1930), em que o autor afirmou que a avaliação de investimentos não estava relacionada com preferências pessoais de consumo. Dessa forma, ao analisar um investimento, as preferências pessoais dos acionistas não deve ser considerada, deve-se considerar apenas a otimização de suas riquezas.

De fácil aplicação e interpretação dos resultados, o VPL é a metodologia de análise de investimentos mais adorada por empresas (COPELAND; ANTIKAROV, 2002; SOUZA NETO et al., 2008). O VPL avalia, dentre as alternativas disponíveis, qual é a mais rentável. Ao aprovar um projeto pelo método, ele deve ser conduzido até seu término, com base em informações de hoje (SOUZA NETO et al., 2008).

Para que um projeto seja considerado viável pelo método do VPL, seu valor tem que ser superior à zero, ou seja, a diferença entre receitas e custos descontados a uma determinada taxa de desconto deve apresentar valor positivo (REZENDE; OLIVEIRA, 2013). Dessa forma, quanto maior for o VPL do investimento analisado, mais atrativo será.

O método do BPE consiste uma parcela periódica e constante, com valores iguais, cuja quantia corresponde ao VPL do investimento (REZENDE; OLIVEIRA, 2013). Para ser considerado viável, o BPE deve ser maior que zero e, quanto maior for seu valor, mais rentável será o investimento. Como vantagem, o BPE permite comparar projetos com duração diferente, uma vez que o método expressa o valor periódico do retorno do investimento.

O método da TIR foi proposto por Keynes (1936), sendo o conceito proposto como forma de classificar projetos de investimentos, em que projetos com taxa interna de retorno maior que a taxa mínima de atratividade deveriam ser escolhidos. Consiste em um indicador bastante utilizado na análise financeira de investimentos, sendo a taxa de juros que torna o VPL igual à zero. Quando o VPL é equivalente à zero, significa que a taxa mínima de atratividade é igual à TIR, ou seja, houve apenas a remuneração do capital. Dessa forma, o método tem por resultado a taxa máxima de juros que o projeto pode suportar, de modo que haja a remuneração do capital especificada previamente. Quanto maior a TIR, mais lucrativo é o projeto, e menor será o risco.

Seu cálculo pode ser feito pelo método gráfico, indicado quando seu cálculo matemático resulta em polinômios complexos, pelo método matemático, possível quando há apenas um custo e uma receita, método de tentativas, em que são colocados diversos valores para a taxa de juros, até que o VPL seja igualado a zero, ou pelo método computacional, que consiste no método de tentativas, feitas por *software* (REZENDE; OLIVEIRA, 2013).

Tanto a TIR quanto o VPL são métodos determinísticos. Dessa forma, considera-se o fluxo de caixa estático, sem flexibilidade gerencial, com investimentos irreversíveis, e estratégias operacionais estáticas. Essa característica vem sendo criticada por muitos autores (DIXIT; PINDYCK, 1995; COPELAND; ANTIKAROV, 2002, SANT'ANNA; NOGUEIRA, 2010), pois não representa a realidade da maior parte dos investimentos. Assim, uma vez que consideram situações hipotéticas, a abordagem tradicional adota uma gestão passiva e inalterada, característica essa que torna a

abordagem inadequada para avaliar flexibilidades gerenciais (MINARDI, SAITO, 2007).

Para Dozza (2012), os métodos tradicionais são insuficientes para a decisão de investir, uma vez que não permite a correção no tempo. Ainda, segundo o autor, as abordagens de fluxo de caixa descontado são mais adequadas quando não há risco. Para Dixit e Pindyck (1994), as mudanças ocorridas no cenário econômico, em que a incerteza impera em quase todos os mercados, tem feito com que as técnicas tradicionais não sejam suficientes para captar determinadas características dos projetos de investimentos, o que muitas vezes conduzem a erros graves.

Como forma de minimizar as falhas dos métodos determinísticos de análise de investimentos, podem-se fazer a construção de cenários. Para isso, são realizadas análises de sensibilidade, podendo ser adotado como variáveis a taxa de desconto, custos, receitas, entre outros. Assim, são construídos cenários mais otimistas e mais conservadores, fornecendo um intervalo de confiança acerca dos resultados encontrados. Outra forma de incorporar a flexibilidade gerencial à análise de investimentos é pela adoção de métodos estocásticos que abordam análise de risco dos investimentos analisados. Enquanto os métodos determinísticos se mantêm inalterados, os métodos estocásticos apresentam aplicação dinâmica, representando de forma mais adequada à realidade de mercado (COPELAND; ANTIKAROV, 2002).

3.5. Risco

Toda projeção apresenta risco, que é a probabilidade de o que foi projetado não ocorrer (CORREIA NETO et al., 2002). Os riscos podem gerar, simultaneamente, tanto perdas quanto ganhos na distribuição de eventos (DAMODARAN, 2009). Decorrente da presença de fontes de incerteza, o risco ocasiona variabilidade nos retornos de investimentos (FABRINI, 2011). Assim, o risco precisa ser inserido na análise de viabilidade.

O risco consiste na incerteza mensurada. Em sua análise, as variáveis de entrada, como a demanda, a oferta, a taxa de desconto, entre outras, são as incertezas do investimento. O desvio padrão da variação dos retornos é chamado de volatilidade dos retornos (SOUZA NETO et al., 2008). Para o cálculo da volatilidade do projeto, se faz necessária a série histórica da variável a ser analisada, que é uma sequência de dados com intervalo de tempo regular, durante determinado período. Segundo Copeland e

Antikarov (2002), na ausência dessa informação, pode-se adotar o método Monte Carlo com o intuito de obter uma distribuição normal dos dados, e assim estimar a volatilidade do fluxo de caixa.

Em cenários em que a incerteza representa uma condição importante, faz-se necessário a aplicação de métodos adequados para a sua precificação, como tentativa de avaliação do risco do investimento (DOZZA, 2012). Os métodos de avaliação econômica de fluxo de caixa descontado não trazem muito erro quando o investimento apresenta incerteza baixa ou pouca flexibilidade gerencial, mas levam à decisões equivocadas na presença de alta incerteza e muita flexibilidade gerencial (MINARDI; SAITO, 2007).

Os métodos de análise de risco, em sua maioria, consideram apenas o aspecto negativo do risco, ou seja, as perdas oriundas da distribuição dos eventos, sendo ignorada a possibilidade de ganho. No entanto, a TOR é uma metodologia que destaca a oportunidade de ganho por meio do risco, podendo este ser uma fonte de valor adicional ao investimento (DAMODARAN, 2009). A Figura 1 apresenta a influência das incertezas na análise de investimentos.

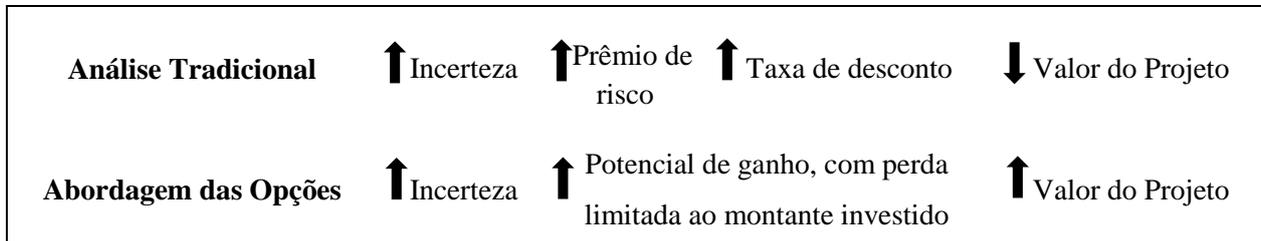


Figura 1. Efeito das incertezas no valor do projeto.

Fonte: Magalhães, 2010.

3.6. Teoria das Opções Reais (TOR)

O termo Opções Reais foi usado inicialmente por Stewart Myers (1977), sendo proposta uma analogia entre as opções de compra sobre ativos financeiros e as oportunidades de investir em ativos reais (BATISTA, 2007). A analogia entre opções financeiras e opções reais se deve ao fato de que ambas as metodologias apresentam flexibilidade no gerenciamento (*timing*), sendo que essa flexibilidade não está inserida nas abordagens tradicionais de fluxo de caixa descontado (SOUZA NETO et al., 2008).

Souza Neto et al. (2008) definiu opções financeiras como um contrato que dá ao titular o direito, mas não o dever, de comprar ou vender um ativo, sendo o período e o

valor deste definidos previamente. Caso a opção possa ser exercida antes do período estabelecido previamente, é classificada como uma opção americana e, caso seja exercida no período estabelecido, corresponde a uma opção europeia (COPELAND; ANTIKAROV, 2002). Dessa forma, segundo Fernandes et al. (2011b), uma oportunidade para investir é semelhante a uma opção de compra, uma vez que a oportunidade de investir tem a opção de gastar dinheiro, agora ou no futuro, em troca de um ativo de algum valor, e receber um retorno líquido positivo. A Tabela 2 apresenta uma analogia entre opções reais e opções financeiras.

Tabela 2. Analogia entre opção real e opção financeira.

Opções Financeiras	Opções Reais
Preço do ativo subjacente ou preço da ação	Valor presente do fluxo de caixa
Preço de exercício	Investimento inicial
Tempo de expiração	Vida útil do projeto
Volatilidade	Incerteza sobre o fluxo de caixa
Taxa livre de risco	Taxa de desconto livre de risco

Fonte: Fabrini, 2011.

Para Copeland e Antikarov (2002), a opção real é o direito, mas não o dever, de empreender uma ação, sendo estabelecidos previamente o período e o custo desta. Ainda, segundo os autores, por meio da TOR pode-se perceber quais riscos uma empresa pode assumir com tranquilidade. Segundo o autor, o grande diferencial da TOR é a capacidade de incorporar ao estudo a flexibilidade gerencial do projeto, uma vez que essa flexibilidade não pode ser analisada pelos métodos tradicionais de análise financeira de investimentos. De acordo com Santos e Pamplona (2005), a habilidade da teoria de precificação de opções em quantificar a flexibilidade em investimentos em projetos estratégicos a torna uma opção atraente se comparada à análise feita pelo padronizado fluxo de caixa descontado.

A TOR adota o VPL do investimento como valor do ativo subjacente sujeito à risco. Para Souza Neto et al. (2008), a TOR apresenta aplicação dinâmica, uma vez que considera o efeito das incertezas e considera como e quando as opções devem ser exercidas (*timing*). Assim, estando ciente da existência da volatilidade do retorno do investimento, o tomador de decisão poderá avaliá-la por meio da construção de cenários

e análise de sensibilidade (SANTOS; PAMPLONA, 2005). Segundo Oliveira (2010), dentre as principais incertezas acerca de investimentos, destacam-se a demanda e oferta pelo produto analisado, o valor do produto e seus insumos, e a taxa de desconto. O número de incertezas que podem ser modeladas com a metodologia da TOR é ilimitado (BRANDÃO, 2002).

Enquanto o projeto é considerado viável pelo VPL quando V_t (valor do retorno) $> X$ (investimento) no instante $t = 0$, pela análise de Opções reais este poderá ser levado à diante se, e somente se, no instante t , $V_t > X$ (COPELAND; ANTIKAROV, 2002). Os resultados obtidos com a aplicação da TOR se aproximam da realidade dos negócios, uma vez que permite a incorporação da flexibilidade gerencial (DOZZA, 2012). Devido à maximização das estratégias ao longo do horizonte de planejamento do projeto, projetos analisados pela TOR apresentam valores superiores aos projetos analisados pelos métodos tradicionais de análise de investimentos (COPELAND; ANTIKAROV, 2002; SANT'ANNA; NOGUEIRA, 2010). Assim, ao desconsiderar as estratégias de gestão de projetos, os métodos determinísticos de análise de investimentos podem acarretar em uma subestimativa retornos financeiros.

Considerada por Copeland e Antikarov (2002) como uma das mais importantes metodologias de análise financeira que surgiu nos últimos 30 anos, a TOR tem sido considerada um passo além do VPL, pois, enquanto o VPL considera que o projeto permanece inalterado ao longo do horizonte de planejamento, a TOR considera a maximização de estratégias que possam ocorrer durante um projeto (SANT'ANNA; NOGUEIRA, 2010). Muitos trabalhos contribuíram para o desenvolvimento da teoria das opções reais, como Black e Scholes (1973), Merton (1973), Cox, Ross e Rubinstein (1979), Paddock, Siegel e Smith (1988), Trigeorgis (1993), Dixit e Pindyck (1995), Copeland e Antikarov (2002).

Segundo Souza Neto et al. (2008), a característica quantitativa das opções reais tem como origem os trabalhos sobre precificação de opções financeiras de Scholes e Merton (1973) e Merton (1988).

O estudo de Black e Scholes (1973) apresentou uma formulação para o preço de equilíbrio da opção de compra. Nesse modelo, a volatilidade é classificada como histórica ou implícita. A volatilidade histórica consiste no desvio padrão dos retornos futuros, tendo como base seu comportamento passado. Já a volatilidade implícita é calculada pela fórmula de Black. O modelo Black-Scholes analisa uma opção europeia de compra, e considera que há apenas uma fonte de incerteza e um ativo subjacente

sujeito a risco, que não paga dividendos. Considera também que o preço de mercado e o preço de exercício são conhecidos, e a variação dos retornos é constante.

No modelo de Black e Scholes (1973), o ativo subjacente sujeito à risco segue um Movimento Geométrico Browniano (MGB). Dessa forma, ele não pode apresentar valores negativos, e seus valores seguem distribuição logarítmica normal, o que implica dizer que a variação do retorno do investimento no tempo segue um caminho aleatório (*random walk*) (OLIVEIRA; PAMPLONA, 2012). O MGB é um processo contínuo, com incrementos proporcionais (ROCHA, 2000), conforme apresentado na Equação 1.

$$dx = \alpha dt + \sigma dt \quad (1)$$

sendo:

dx = Incremento de um processo de Wiener;

α = Tendência ou *drift*;

σ = Volatilidade.

Apesar de as hipóteses parecerem distantes da realidade de mercado, o modelo de Black e Scholes (1973) é considerado como sendo um dos modelos teóricos de maior sucesso em finanças (MAGALHÃES, 2010). No entanto, apesar de eficiente, o modelo é também considerado muito complexo.

O modelo de Cox, Ross & Rubinstein (1979) parte da premissa que o valor do ativo subjacente sujeito à risco segue um MGB. Os autores propuseram o modelo binomial, ou árvore de eventos, considerado de fácil aplicação, podendo analisar tanto opções americanas quanto europeias. O método consiste em uma representação gráfica, que permite visualizar consequências atuais e futuras, bem como eventos aleatórios relacionados (JOAQUIM, 2012). Cada nó da árvore de eventos apresenta movimentos ascendentes e descendentes, bem como a probabilidade de ocorrência (p e $1-p$), conforme apresentado na Figura 2. O modelo de Cox, Ross e Rubinstein (1979) foi adotado por ser mais simples que o MGB, sendo que este modelo gera uma Árvore de Decisão com todas as ramificações que representam o processo estocástico do valor do projeto (BRANDÃO, 2002).

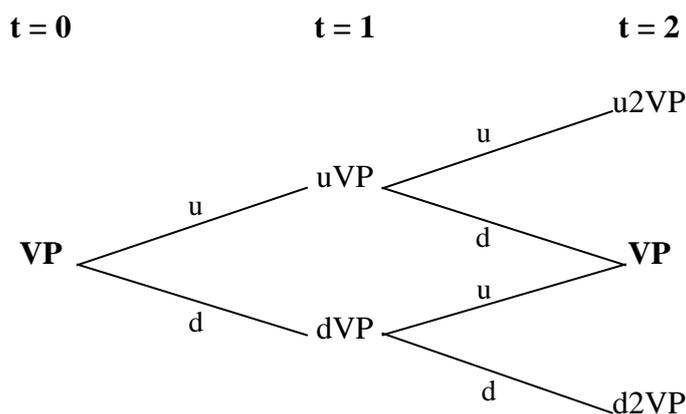


Figura 2. Modelo binomial.

Assim como o modelo de Cox, Ross e Rubinstein (1979), a metodologia proposta por Copeland e Antikarov (2002) considera que o valor do ativo subjacente sujeito à risco segue um MGB. Ela faz a junção de métodos tradicionais de análise de investimento, e incorpora na projeção do fluxo de caixa incertezas e flexibilidade gerencial (FABRINI, 2011). Ainda, segundo o autor, ela adota como premissa que o investidor possui a opção de investir, mas, de acordo com as incertezas do mercado ao qual está inserido, pode optar por adiar, expandir ou abandonar o investimento. Essa metodologia possui maior praticidade, pois é mais simples de ser aplicada, uma vez que não se faz necessário resolver equações diferenciais parciais, e trata diferentes processos estocásticos em um mesmo projeto pela simulação Monte Carlo (MENDÉZ; GOYANES, 2009). A metodologia em questão apresenta as seguintes etapas:

- 1º Passo: Cálculo do valor presente do projeto;
- 2º Passo: Modelagem da incerteza por meio da árvore de eventos;
- 3º Passo: Identificação e incorporação da flexibilidade gerencial, gerando uma árvore de decisão;
- 4º Passo: Análise das opções reais.

Existem três requisitos básicos para a utilização da TOR: as decisões podem ser reversíveis, o investimento analisado apresenta fontes de incerteza, e as decisões podem ser adiadas, ou seja, devem ser exercidas no momento ótimo (*timing*) correto (SNTOS; PAMPLONA, 2005). Dessa forma, a flexibilidade gerencial é considerada no processo de avaliação do investimento (FABRINI, 2011).

Segundo Copeland e Antikarov (2002), a TOR tem por base três premissas. A primeira é que o valor presente do projeto sem flexibilidade é o melhor estimador não tendencioso do seu valor de mercado. A segunda premissa é que as variações no valor do projeto seguem um processo de tempo e estado discreto (*random walk*). Dessa forma, o processo estocástico do valor do projeto pode ser modelado pelo MGB. A terceira é que pode-se distinguir os riscos privados do projeto dos riscos de mercados, o que possibilita que as incertezas possam ser tratadas de formas distintas.

Segundo Souza Neto et al. (2008), existem seis variáveis básicas da metodologia de Opções Reais:

- Ativo subjacente sujeito a risco: valor do ativo real, desconsiderando a flexibilidade gerencial.
- Preço de exercício: montante que se precisa investir para realizar a opção.
- Prazo de vencimento da opção: período em que a opção está disponível.
- Desvio padrão do ativo subjacente sujeito a risco: medida da volatilidade, sendo os riscos acerca dos retornos futuros do investimento.
- Taxa de juros livre de risco: taxa esperada, livre de risco.
- Dividendos: fluxos de caixa descontados os custos futuros do projeto.

Caso haja capital externo no investimento, a taxa de desconto adotada deve ser o Custo Médio Ponderado do Capital (WACC). O WACC consiste na média ponderada dos custos do capital (COPELAND; ANTIKAROV, 2002), e pode ser entendido como a taxa mínima de retorno do investimento para que haja a remuneração do capital de terceiros e da empresa (SOUZA NETO et al., 2008). Seu cálculo, descrito por Souza Neto et al. (2008), está apresentado na Equação 2.

$$WACC = \frac{E}{V} \cdot R_E + \frac{D}{V} \cdot R_D \cdot (1 - T_C) \quad (2)$$

sendo:

$WACC$ = Custo de capital próprio;

E = Valor de mercado do capital próprio;

D = Valor de mercado do capital de terceiros;

V = Capital total empregado pela empresa ($E + D$);

R_E = Custo de capital próprio;

R_D = Custo de capital de terceiros;

T_C = Alíquota de imposto da empresa.

O cálculo do VPL é fundamental para a TOR. Assim, mesmo que a metodologia da TOR seja usada para captar a flexibilidade na tomada de decisão, o primeiro passo para o seu cálculo é o cálculo do VPL sem flexibilidade (COPELAND; ANTIKAROV, 2002). Dessa forma, a construção do fluxo de caixa próximo da realidade das empresas é de fundamental importância para a análise da TOR (FABRINI, 2011).

Segundo Souza Neto et al. (2008), as opções podem ser classificadas como opção de deferir, expandir, abandonar e adiar. Ainda, segundo os autores, as opções “arco-íris” ou de múltipla interação são aquelas definidas devido ao tipo de incerteza que influencia na opção. As principais opções, juntamente com a indicação de uso, estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Tipos de Opções e seus usos

Tipo de Opção	Definição	Indicação de Uso
Deferir	Análise acerca do período de tempo necessário para verificar se os preços justificam o investimento.	Extração de recursos naturais, mercado imobiliário, agrobusiness, entre outros.
Alterar escala operacional	Verifica, dentre as condições possíveis, quais alternativas são mais viáveis para determinado mercado (expandir, abandonar, etc.).	Recursos naturais, indústria de bens e consumo, mercado imobiliário, etc.
Conversão	A partir de uma mudança drástica do mercado, os investidores podem alterar o mix de produção da fábrica, ou usar insumos diferentes.	Bens e consumo, eletrônicos, peças, energia, matéria-prima, etc.
Abandono	Após ocorrer um declínio das condições de mercado, a empresa pode optar por abandonar ou vender o investimento.	Indústria de capital intensivo, mercado financeiro.

Continua...

Cont., Tabela 3

Tipo de Opção	Definição	Indicação de Uso
Composta	Opção de abandonar ou levar o projeto à diante, dependendo das condições de mercado.	Investimentos em pesquisa, projetos de longo prazo, etc.
Crescimento (Múltipla interação)	Tem-se investimentos iniciais em um projeto, com futuras oportunidades de crescimento e desenvolvimento.	Empresas com múltiplos produtos, empresas de alta tecnologia, operações multinacionais, entre outros.
Arco-íris	Trata-se da combinação de opções, com potenciais melhorias, expansão ou abandono.	Projetos de todos os tipos de indústria e negócios.

Fonte: Souza Neto et al., 2008.

A TOR apresenta aplicação bastante dinâmica, sendo adotada para análises em diversas áreas de conhecimento, conforme apresentado na Tabela 4. Segundo Magalhães (2010), a utilização da TOR para análise financeira de investimentos é relativamente recente. Ainda, segundo o autor, a TOR é utilizada para avaliar ativos reais, que não são negociados no mercado, como avaliação de terras, recursos naturais (minas, poços de petróleo, etc.), entre outros.

Tabela 4. Histórico de estudos usando a TOR.

Autoria	Aplicação
Tourinho (1979)	Análise de reservas naturais
Pindyck (1984)	Precificação de recursos naturais
Brennan e Schwartz (1985)	Reservas de recursos naturais
Siegel et al. (1987)	Reservas de petróleo não desenvolvidas
Paddock et al. (1988)	Avaliar o <i>timing</i> do desenvolvimento de investimento
Morck et al. (1989)	Valoração de concessão de Pinus, Canadá
Dias (1996)	Análise no setor de petróleo
Castro (2000)	Avaliação de geração termelétrica flexível
Rocha et al. (2000)	Valoração de concessão florestal no Brasil

Continua...

Autoria	Aplicação
Brandão (2002)	Concessão de rodovia, Brasil
Gomes (2002)	Investimentos em termoeletricidade
Kumbaroglu et al. (2004)	Tecnologias renováveis
Baran (2005)	Momento ótimo para o corte de floresta de eucalipto
Dias (2005)	Exploração do petróleo
Batista (2007)	Mercado de carbono
Fabrini (2011)	Investimentos no setor elétrico
Fernandes et al. (2011)	Investimentos no setor energético
Joaquim et al. (2015)	Investimentos em sistemas agroflorestais

No setor florestal, estudos que estimam o valor de concessões florestais usando o método da TOR encontram valores significativamente maiores que aqueles encontrados pelo método do VPL, sendo que o VPL de fato tende a subestimar a avaliação de projetos com atributos como o *timming*, incertezas e irreversibilidade (SANT'ANNA; NOGUEIRA, 2010). Uma vez que não existe valor monetário para a floresta nativa, este pode ser estimado pelo valor presente de bens e serviços gerados ao longo do tempo (NOGUEIRA; RODRIGUES, 2007). Para Nardelli e Macedo (2011), a oportunidade de investir poderá valer mais que o VPL do projeto.

Por se tratar de uma ferramenta de avaliação recente, a TOR apresenta algumas dificuldades e limitações. Segundo Nogueira e Rodrigues (2007), a TOR é de difícil operacionalização, e, em se tratando de análise de florestas, se fazem necessárias hipóteses consistentes acerca do preço e estoque futuro de madeira. Para Magalhães (2010), a análise baseada apenas na TOR pode falhar, uma vez que esta pode não identificar a interação entre concorrentes, bem como suas reações a um determinado investimento. Ainda, segundo o autor, a análise pela TOR assume hipóteses de monopólio ou mercados perfeitos, não levando em consideração as possíveis interações estratégicas entre investidores e concorrentes.

Enquanto o VPL supõe que não há riscos no investimento, a metodologia da árvore de eventos considera a flexibilidade inadequadamente, pois adota taxa de desconto constante (COPELAND; ANTIKAROV, 2002). Ainda, segundo os autores, a TOR corrige ambas as lacunas, uma vez que modela a flexibilidade gerencial, eliminando as possibilidades de arbitragem, e ajusta corretamente o projeto com

flexibilidade. É importante ressaltar que a TOR não rejeita os métodos de análise de fluxo de caixa descontado, ela deve ser vista como uma metodologia complementar, uma vez que considera as incertezas e flexibilidade gerencial como um fator positivo, que agrega valor ao investimento e auxilia na tomada de decisão.

3.6.1. Método Monte Carlo

O método Monte Carlo é definido por Souza Neto et al. (2008) como sendo uma técnica de simulação em planilhas que, de forma aleatória, fornece valores para variáveis incertas com o objetivo de simular um modelo. Desenvolvido por Metropolis e Ulam (1949), a simulação é uma combinação de processos determinísticos e estocásticos, por meio de repetidas aplicações de matrizes. O estudo de Metropolis e Ulam (1949) tem por base o projeto Manhattam, desenvolvido durante a segunda guerra mundial.

Com o desenvolvimento computacional, a simulação Monte Carlo está sendo cada vez mais adotada (MINARDI; SAITO, 2007). No contexto da TOR, o valor encontrado ao fim da simulação Monte Carlo consiste na distribuição de probabilidade do valor do ativo subjacente e, a partir dessa distribuição, determina-se a volatilidade do ativo analisado, que será utilizado na elaboração da árvore de eventos (FABRINI, 2011).

Pela análise de Monte Carlo, todas as incertezas do projeto se resumem em uma única incerteza do valor do projeto por meio da abordagem consolidada da incerteza (SOUZA NETO et al., 2008). Na simulação Monte Carlo, fontes de incerteza (receitas, taxa de desconto, custos, entre outros) podem ser usadas como variáveis de entrada (OLIVEIRA; PAMPLONA, 2012) (Figura 3).

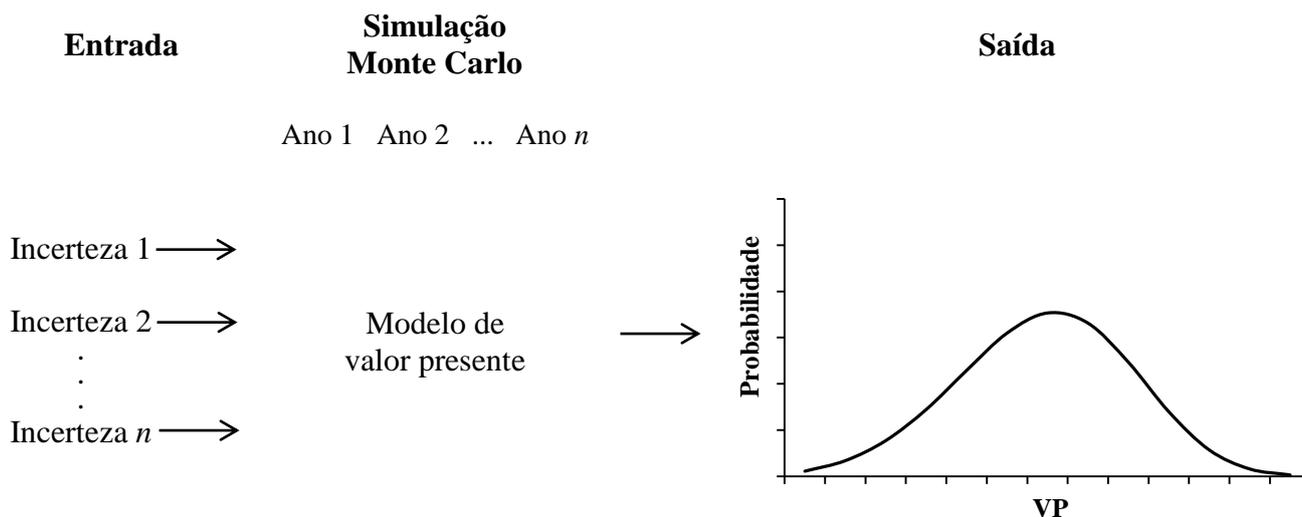


Figura 3. Emprego do método Monte Carlo para a montagem da árvore de eventos.

Fonte: Copelend e Antikarov (2001), adaptado.

A simulação Monte Carlo permite integrar o efeito das incertezas na estimativa da volatilidade (FABRINI, 2011) e determinar a probabilidade de ocorrência dos riscos. Assim, quando não há uma série histórica, o método se torna uma alternativa para estimar a volatilidade do fluxo de caixa (OLIVEIRA, 2010). Dessa forma, quando não há valores diretos da variável de análise, a simulação Monte Carlo funciona como uma *proxy* para a variável analisada. Assim, ao invés de adotar um valor determinado para os resultados futuros, o uso da simulação Monte Carlo obtém a distribuição normal que se aproxima da realidade de mercado.

A estimativa da volatilidade deve ser feita de forma criteriosa, pois, uma vez que isso não ocorre, podem-se obter resultados que subestimam ou superestimam a volatilidade, acarretando em um cálculo das opções a valores distantes do valor real (OLIVEIRA; PAMPLONA, 2012). Para Dozza (2012), a obtenção de bons resultados está condicionada às trajetórias de números aleatórios, sendo essas sequências geradas a partir de parâmetros aleatórios. Segundo o autor, a qualidade desses parâmetros é de suma importância para a implantação do método e também para a obtenção de resultados satisfatórios em grandes amostras.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área de estudo

A FLONA Jamari (Figura 4) foi criada em 1984, pelo Decreto n° 90.224. Situada no estado de Rondônia, a FLONA possui aproximadamente 220 mil hectares, abrangendo os municípios de Candeias do Jamari, Itapuã D'Oeste e Cujubim.

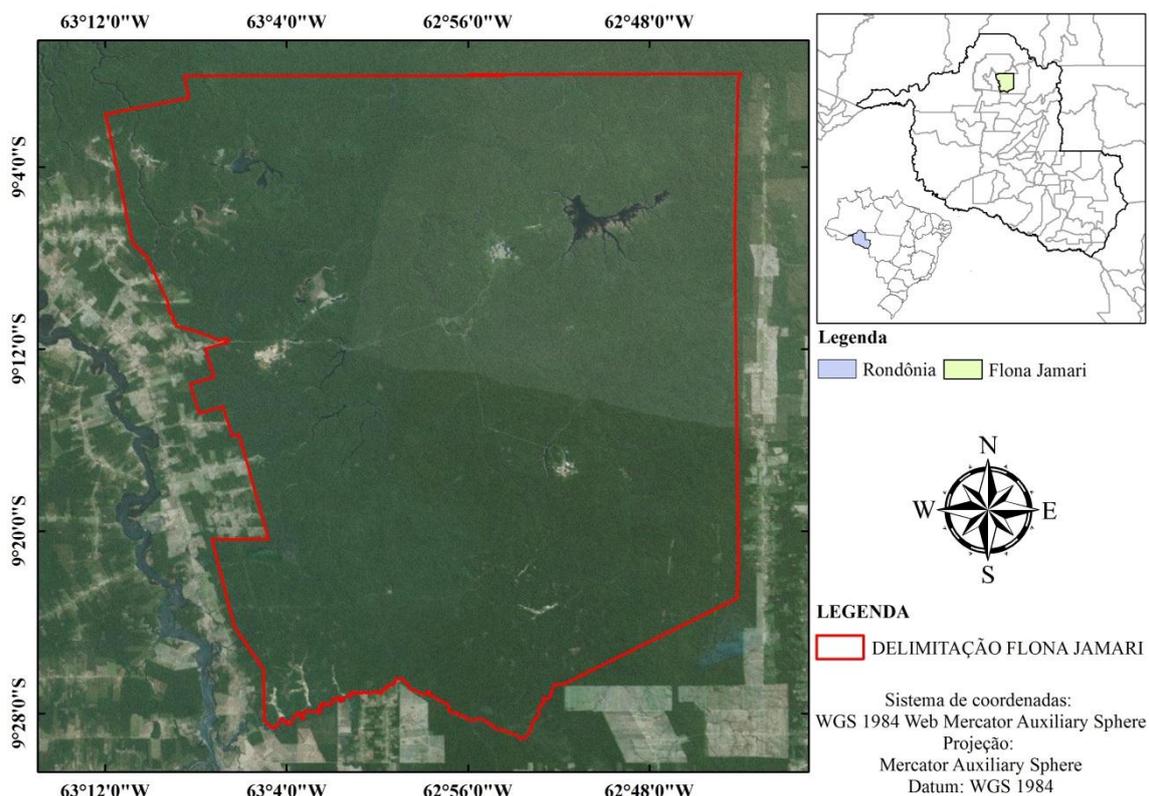


Figura 4. Localização da FLONA Jamari.

Segundo o plano de manejo realizado na unidade de conservação (MMA; IBAMA, 2005), o clima na região é classificado como AW pela classificação de Köppen (Clima Tropical Chuvoso), com período seco durante o inverno. A umidade relativa do ar varia entre 80% e 90%, e a precipitação varia entre 2.200 e 2.600 mm/ano, com maior concentração no verão. A vegetação é composta, em sua maior porção, por Floresta Ombrófila de Terras Baixas, seguida de Floresta Ombrófila Densa/Submontana. Ainda, segundo o documento, a unidade de conservação apresenta problemas relacionados à mineração ilegal, que deixou diversos locais com solo exposto e problemas com espécies invasoras. A recuperação dessas áreas é considerada incipiente.

Trata-se da primeira FLONA inserida no processo de concessões florestais, sendo licitadas três Unidades de Manejo Florestal (UMF) no ano de 2008. Da área da FLONA, cerca de 96.360 hectares foram destinados à concessão florestal, divididos em três UMFs. A UMF 1 (Figura 5), objeto do presente estudo, está localizada inteiramente no município de Itapuã D'Oeste, e possui 17.178 hectares.

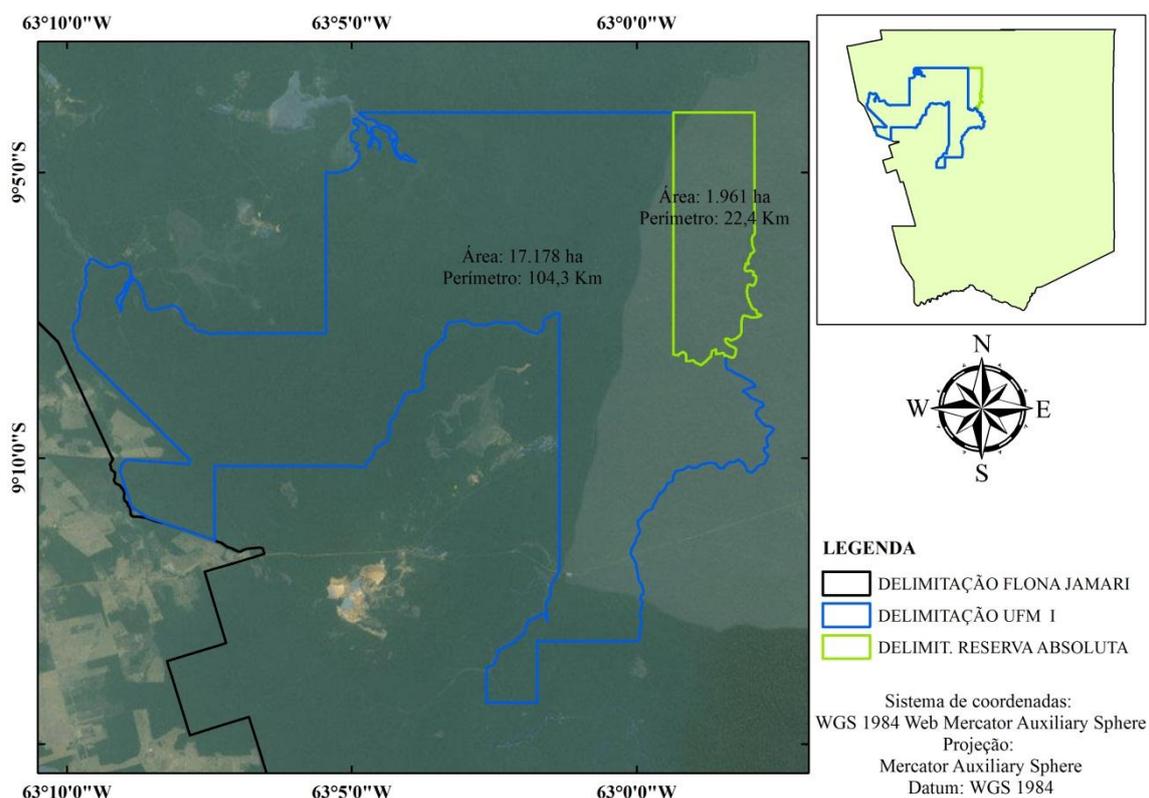


Figura 5. Localização da UMF 1 na FLONA Jamari.

4.2. Base de dados

A base de dados consiste nos custos e receitas previstos para a concessão da UMF 1 da FLONA Jamari (Tabela 5), realizado em 2008, e disponibilizado pelo SFB e pela Madeflona, empresa que venceu a licitação da concessão da área. O estudo apresenta horizonte de planejamento de 41 anos, sendo os dois primeiros anos de preparação para o manejo florestal, havendo atividade de manejo florestal a partir do segundo ano.

Tabela 5. Resumo do fluxo de caixa da concessão da UMF 1 da FLONA Jamari.

Custos	
Custos	Valor (R\$)
Administrativo/Licitação (R\$/projeto)	65.000,00
Custo do edital (R\$/projeto)	92.000,00
Georeferenciamento e colocação de marcos (R\$/projeto)	78.810,00
Geoprocessamento Inicial e terceiros (R\$/projeto)	57.755,34
Elaboração do PMFS (R\$/5 anos)	79.674,36
Obtenção da Certificação (R\$/5 anos)	100.000,00
Juros sobre o capital da garantia (%)	2,00
Treinamentos e Capacitação (R\$.ano ⁻¹)	15.000,00
Inventário 100% e POA (R\$/projeto)	141.280,92
Geoprocessamento (R\$/ano)	10.000,00
Monitoramento de parcelas permanentes (R\$/ano)*	9.000,00
Estradas Principais (R\$.ano ⁻¹)	14.500,00
Estradas Secundárias (R\$.ano ⁻¹)	4.000,00
Esplanadas para pátios (R\$.ano ⁻¹)	6.750,00
Estradas Principais (R\$.ano ⁻¹)	18.125,00
Estradas Secundárias (R\$.ano ⁻¹)	10.000,00
Esplanadas para pátios (R\$.ano ⁻¹)	4.500,00
Custo do SFB (R\$.ano ⁻¹)	10.307,23
Custo da certificadora (R\$.ano ⁻¹)	20.000,00
Abate das árvores (R\$.m ³⁻¹)	3,50
Arraste das árvores (R\$.m ³⁻¹)	20,00
Carregamento das árvores (R\$.m ³⁻¹)	4,00
Transporte na área (R\$.m ³⁻¹)	25,00
Transferência anual de acordo com proposta técnica (R\$.ha ⁻¹)	1,80
Custos de arraste e transporte (R\$.m ³⁻¹)	20,00
Custo de materiais e EPIs (R\$.ano ⁻¹)	71.387,60
Valor pago pelas toras ao SFB (R\$.m ³⁻¹)	52,03
Valor pago pela galhada ao SFB (R\$.m ³⁻¹)	7,00
Custos totais para produção de serrados (R\$.m ³⁻¹)	200,56
Comissão para vendas (%)	5,00

Continua...

Cont., Tabela 5

Custos	
PIS (%)	0,65
COFINS (%)	3,00
ICMS (Mercado Interno - RO) (%)	17,00
ICMS (Mercado Interno - SP) (%)	12,00
Crédito de ICMS (%)	-17,00
Receitas	
Serrado Bruto (R\$.m ³⁻¹)	1.150,00
Serrado Aplainado (R\$.m ³⁻¹)	1.800,00
Assoalhos (R\$.m ³⁻¹)	2.200,00
Energia (R\$.m ³⁻¹)	15,00
Aproveitamentos (R\$.m ³⁻¹)	162,00
Resíduos (R\$.m ³⁻¹)	15,00

*Valor médio, visto que o custo do item aumenta em função do aumento do número de parcelas permanentes.

Fonte: SFB, Madeflona.

A UMF 1 foi dividida em 30 Unidades de Planejamento Anuais (UPAs), sendo permitida a exploração de 25,8 m³/ha.ano⁻¹. Dessa forma, como a concessão é feita para um período de 40 anos, e o horizonte de planejamento foi elaborado com manejo florestal madeireiro por 39 anos, as nove primeiras UPAs serão manejadas também em um segundo ciclo.

4.3. Avaliação financeira do plano de manejo

Para a avaliação financeira do manejo florestal sustentável, foi aplicado o método da Teoria das Opções Reais, sendo analisada a opção de abandono. Adotou-se a metodologia descrita por Copeland e Antikarov (2002), tendo como variável de análise a produtividade do manejo florestal da UMF 1 da FLONA Jamari.

As etapas da metodologia adotada estão descritas nos subitens apresentados a seguir. Todas as etapas foram realizadas com o auxílio do *software* Excel versão 2010, do pacote *Microsoft Office*.

4.3.1. Avaliação financeira por meio de métodos determinísticos

A partir do fluxo de caixa do investimento, foram realizados os cálculos dos métodos VPL, BPE e TIR apresentados a seguir, conforme descrito por Rezende e Oliveira (2013).

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j(1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j(1+i)^{-j} \quad (3)$$

$$BPE = \frac{VPL \cdot i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (4)$$

$$TIR = \sum_{j=0}^n R_j(1+i)^{-j} - \sum_{j=0}^n C_j(1+i)^{-j} = 0 \quad (5)$$

sendo:

VPL = Valor presente líquido (R\$);

BPE = Benefícios periódicos equivalentes;

TIR = Taxa interna de retorno;

R_j = Receitas (R\$);

C_j = Custos (R\$);

i = Taxa mínima de atratividade;

j = período de tempo considerado (anos);

n = Duração do projeto (anos).

Uma vez que a base de dados não apresenta investimentos externos, não foi necessário o cálculo do WACC. Como taxa de desconto, adotou-se o IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo) do período inicial do estudo (2008), que corresponde à 5,9023%, por ser este o índice utilizado pelo SFB para a atualização dos valores monetários do contato de concessão florestal. Para fins de tomada de decisão, foi considerada taxa de juros constante, uma vez que não é possível obter o índice para cada período do horizonte de planejamento.

4.3.2. Avaliação financeira por meio da TOR

4.3.2.1. Determinação da volatilidade

Segundo a metodologia de Copeland e Antikarov (2002), a volatilidade é calculada tendo como base a taxa de retorno do investimento. No entanto, ao adotar a taxa de retorno, não seria possível analisar a volatilidade dos dois períodos iniciais do investimento, pois as receitas se iniciam a partir do terceiro período do horizonte de planejamento. Além disso, o cálculo da volatilidade por meio da taxa de retorno não é apropriado para o caso, uma vez que os custos e receitas que determinam o valor presente do investimento permanecem inalterados em todos os períodos (JOAQUIM, 2012). Dessa forma, a volatilidade foi calculada para a variável estocástica.

Uma vez que foi realizado inventário florestal na FLONA Jamari, o estoque de madeira não consiste em uma incerteza do investimento. Como fonte de incerteza, adotou-se a produtividade madeireira do manejo da UMF 1. Na ausência de série histórica da produtividade, aplicou-se a simulação Monte Carlo sucessivas vezes para obter a distribuição aleatória da variável. Os dados de entrada da simulação Monte Carlo (média e desvio padrão) foram obtidos por meio da produtividade dos primeiros anos de manejo florestal (2010 a 2014), conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6. Produtividade da UMF 1, FLONA Jamari.

Ano	Produtividade (m ³ .ha ⁻¹)
2010	6,5887
2011	25,0859
2012	23,2362
2013	14,5740
2014	16,7522
Média	17,2474
Desvio Padrão	7,3876

Fonte: SFB, 2015.

Com os dados gerados a partir da simulação Monte Carlo, calculou-se a média e o desvio padrão (volatilidade) da variável estocástica em análise (Equação 6).

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i^N (z_i - \bar{z})^2}{(N - 1)}} \quad (6)$$

em que:

$$z = \ln\left(\frac{VP_1}{VP_0}\right) \quad (7)$$

em que:

$$VP_0 = \sum_{t=1}^T \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (8)$$

$$VP_1 = \sum_{t=2}^T \frac{FC_t}{(1+i)^{t-1}} \quad (9)$$

sendo:

σ = Volatilidade (%);

z = Variável de previsão (R\$);

\bar{z} = Média da variável de previsão (R\$);

z_i = Variável de previsão no instante i (R\$);

N = Número de dados;

\ln = Logaritmo neperiano;

VP_0 = Valor presente no instante t_0 (R\$);

VP_1 = Valor presente no instante t_1 (R\$);

FC_1 = Fluxo de caixa no instante t_1 (R\$).

4.3.2.2. Cálculo da árvore de eventos

Para o cálculo dos movimentos ascendente e descendente da árvore de eventos, bem como suas respectivas probabilidades de ocorrência, adotou-se o modelo binomial de Cox, Ross e Rubinstein (1979), apresentado nas equações a seguir.

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}} \quad (10)$$

$$d = \frac{1}{u} \quad (11)$$

$$FC_u = FC_{n-1} \cdot u \quad (12)$$

$$FC_d = FC_{n-1} \cdot d \quad (13)$$

$$p = \frac{(1 + r_f) - d}{(u - d)} \quad (14)$$

$$q = 1 - p \quad (15)$$

sendo:

u = Proporção do movimento ascendente da árvore de eventos;

d = Proporção do movimento descendente da árvore de eventos;

e = Logaritmo neperiano;

Δt = Intervalo de tempo (limitado a 1);

FC_{n-1} = Fluxo de caixa no instante $n-1$;

FC_u = Fluxo de caixa ascendente;

FC_d = Fluxo de caixa descendente;

p = Probabilidade neutra ao risco (%);

r_f = Taxa de juros livre de risco (%).

Para a montagem da árvore de eventos, adotou-se o VPL do investimento como valor do período inicial (ativo subjacente sujeito a risco). Para o segundo período ($t = n$), o valor do nó em $t = n-1$ foi multiplicado pelo valor da proporção dos movimentos ascendente (u) e descendente (d). O mesmo foi feito para os períodos subsequentes.

4.3.2.3. Valor de abandono

As decisões gerenciais foram tomadas tendo por base os valores apresentados na árvore de eventos, transformando-a em uma árvore de decisão. A avaliação da árvore de eventos foi realizada, nó a nó, pela comparação do valor presente do nó com o valor de abandono para o período. A opção de abandono foi analisada a partir do terceiro período do investimento, instante em que se iniciaram as receitas do investimento.

Para a avaliação da árvore de eventos, foi considerada a opção de abandonar o investimento, quando este apresentou retornos financeiros insatisfatórios, ou prosseguir, quando os retornos foram satisfatórios. Considerou-se como insatisfatório os nós em que seu valor presente foi inferior ao valor de abandono do período em análise. Já como satisfatório, foram considerados os nós em que o valor presente do nó foi superior ao valor de abandono.

Como consta no contrato de concessão florestal, em caso de abandono do investimento, a empresa não será indenizada pelos investimentos em infraestrutura. Além disso, haverá a execução da garantia, que corresponde à R\$ 759.761,00. O valor de abandono corresponde ao valor presente dos custos com máquinas, equipamentos e veículos até o período analisado, que podem ser convertidos em possível receita caso o investidor decida por abandonar o investimento. Ao valor residual, foi subtraído o valor da garantia, que representa um custo caso a opção seja exercida. Assim, o preço de exercício da opção de abandono consiste no saldo entre o valor residual das máquinas, veículos e equipamentos, e a multa de rescisão contratual a ser paga ao rescindir o contrato de concessão.

4.3.2.4. Análise da Opção Real

Ao dar valor para as decisões gerencias da árvore de decisão, obtém-se a árvore de opção. A avaliação dos retornos da árvore de decisão foi feita por uma análise *backward*, ou seja, do último período ($t = 40$) para o primeiro ($t = 0$), sendo o valor da opção calculado para cada nó da árvore de decisão.

O cálculo do último período da árvore de opção foi realizado por meio da Equação 15. Nos casos em que a opção de abandono foi exercida, o valor da opção foi resultante da subtração entre o valor de exercício da opção e o valor presente do nó analisado. Quando a decisão foi dar prosseguimento ao investimento, adotou-se zero para o valor da opção (Equação 15). Para os demais períodos, o valor da opção foi calculado de acordo com a probabilidade neutra ao risco (Equação 16).

$$V_{OR} = \text{Max} [X - Vt; 0] \quad (16)$$

$$C_0 = \frac{p \cdot Cu + (1 - p) \cdot Cd}{1 + i} \quad (17)$$

sendo:

VOR = Valor de Opção Real (R\$);

X = Valor de exercício da opção (R\$);

Vt = Valor presente no nó da árvore de opção (R\$);

C_0 = Retorno da opção em $t = n$;

Cu = Retorno da opção ascendente em $t = n+1$;

Cd = Retorno da opção descendente em $t = n+1$.

O valor apresentado no primeiro período ($t=0$) da árvore de opção corresponde ao VPL com flexibilidade. A diferença entre o VPL tradicional e o VPL com flexibilidade corresponde ao Valor da Opção Real (VOR), conforme apresentado na Equação 18.

$$VOR = VPL_{exp} - VPL \quad (18)$$

sendo:

VPL_{exp} = Valor Presente Líquido expandido (R\$);

VPL = Valor Presente Líquido (R\$);

VOR = Valor Presente da opção (R\$).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Avaliação financeira por meio de métodos determinísticos

De acordo com o contrato de concessão florestal da UMF 1 da FLONA Jamari, a empresa concessionária deve pagar ao SFB R\$ 53,02.m³⁻¹. Considerando que os demais itens do fluxo de caixa permaneçam constantes, para que o investimento seja considerado viável pelos métodos determinísticos, o investimento deverá apresentar produtividade mínima de 17,75 m³.ha⁻¹.

A avaliação financeira do investimento por meio de métodos determinísticos apresentou viabilidade (Tabela 7), uma vez que os métodos VPL e BPE apresentaram valores positivos (REZENDE, OLIVEIRA, 2013). O VPL do investimento corresponde a R\$ 14,74.m³⁻¹, com BPE de R\$ 0,96.(m³.ano)⁻¹. A TIR do investimento corresponde à 20,75%, 3,52 vezes maior que a taxa mínima de atratividade do investimento. Dessa forma, para que o investimento seja considerado viável, poderá apresentar taxa de desconto máxima de 20,75%. Assim, o investimento é financeiramente atrativo para o investidor. No entanto, o resultado apresentado é insuficiente para a tomada de decisão, uma vez que não são considerados os riscos e flexibilidade gerencial ao longo do investimento (NARDELI; MACEDO, 2012).

Tabela 7. Métodos determinísticos de análise financeira.

Métodos determinísticos	
VPL (R\$/m ³)	14,74
BPE (R\$/m ³ /ano)	0,96
TIR (%)	20,75

Por meio da análise do VPL, o investimento é considerado viável a partir do oitavo período, instante a partir do qual a análise apresenta resultado positivo (Figura 6). Os valores negativos nos períodos iniciais do investimento são atribuídos aos elevados custos iniciais, em sua maior parte, para a aquisição de máquinas, equipamentos e veículos, e também ao fato de que as receitas ocorrem a partir do terceiro período. Por se tratar de uma concessão, muitos dos investimentos devem ser feitos nos períodos iniciais, não havendo a possibilidade de postergá-los (BRANDÃO, 2002).

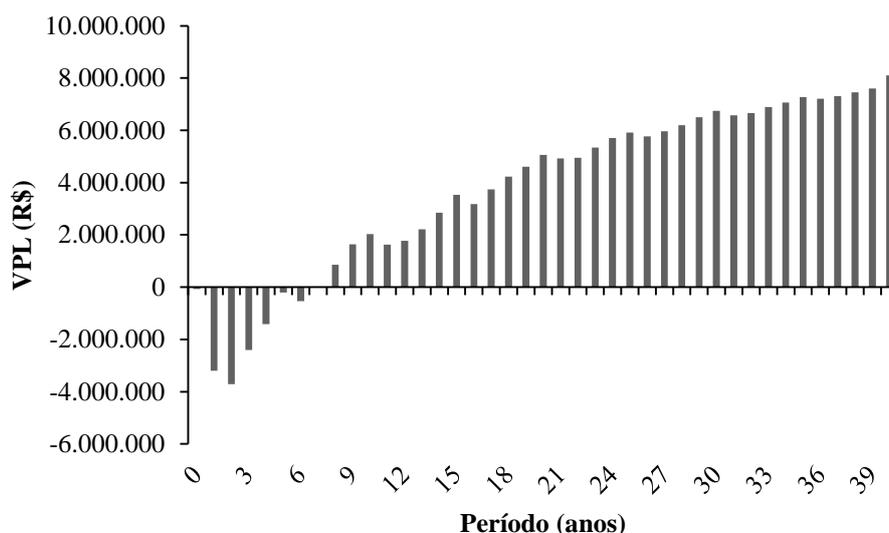


Figura 6. VPL anual do investimento.

Devido aos elevados custos iniciais do investimento, o retorno financeiro para os primeiros períodos de análise apresenta valores negativos. Isso ocorre, pois são necessários investimentos iniciais para a realização das atividades pré-exploratórias, além dos custos com máquinas e equipamentos para as atividades de exploração florestal. Dessa forma, há uma série de custos que devem ser realizados antes da extração de madeira propriamente dita e as receitas se iniciam apenas com a

comercialização da madeira, uma vez que a madeira é o único produto a ser comercializado pela concessão florestal em estudo.

Além de ser um dos critérios de bonificação previstos no contrato de concessão florestal, a comercialização de produtos florestais não madeireiros consiste em mais uma fonte de receita do investimento em concessão florestal. As estimativas, tanto quantitativas quanto a periodicidade, de produtos florestais não madeireiros (castanhas, óleo-resina, sementes, etc.) com valor comercial deveriam constar no inventário florestal (NOGUEIRA; RODRIGUES, 2007), uma vez que podem agregar valor ao investimento.

5.2. Avaliação financeira por meio da TOR

5.2.1. Determinação da volatilidade

A simulação Monte Carlo gerou, de forma aleatória, distribuição normal da variável estocástica (Figura 7).

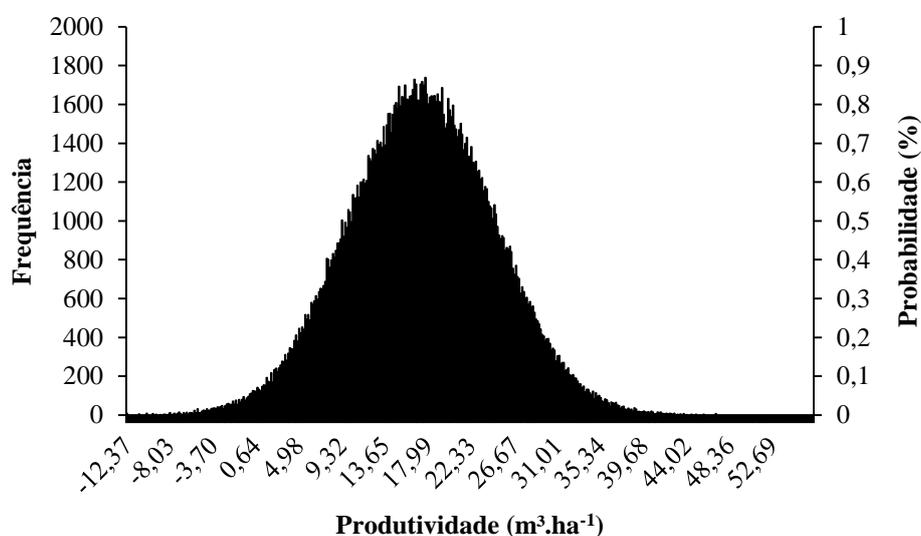


Figura 7. Distribuição de probabilidade da produtividade do manejo florestal.

Com a distribuição aleatória da produtividade da concessão florestal, calculou-se a média e desvio padrão (volatilidade) da probabilidade de ocorrência da produtividade (Tabela 8). A média e a volatilidade da variação da produtividade foram equivalentes a 0,00096 e 0,3464 (34,64%), respectivamente. Os movimentos ascendente e descendente foram equivalentes a 1,40 e 0,71, respectivamente. Foi observada maior probabilidade

de ocorrência do movimento descendente, correspondente à 76,37%. A probabilidade de ocorrência do movimento ascendente foi de 26,63%.

Tabela 8. Parâmetros utilizados para construção da árvore de eventos.

Variáveis	Valor
Períodos da árvore (anos)	41
Expiração da opção (anos)	41
VPL (R\$.m ³⁻¹)	14,74
Média da variável Z	0,00096
Volatilidade da produtividade	34,64%
Movimento ascendente (u)	1,40
Movimento descendente (d)	0,71
Probabilidade de ocorrência de u (p)	23,63%
Probabilidade de ocorrência de d (1-p)	76,37%

5.2.2. Árvore de eventos

Ao multiplicar o VPL pelos valores dos movimentos ascendentes e descendentes, obteve-se a árvore de eventos, com total de 861 nós. Devido à longa duração do investimento analisado, a completa visualização gráfica da árvore de eventos, assim como da árvore de decisão e árvore de opção se torna impraticável. Uma representação da árvore de eventos está apresentada na Figura 8, onde estão apresentados os sete períodos iniciais.

		Períodos						
		0	1	2	3	4	5	6
								110,96
							79,26	
					40,45	56,62		56,62
			28,89		28,89		40,45	
	20,64			20,64			20,64	
14,74		14,74			14,74			14,74
	10,53			10,53			10,53	
		7,52			7,52			7,52
			5,37			5,37		
					3,84			3,84
						2,74		
								1,96

Figura 8. Representação da árvore de eventos do investimento.

Uma vez que a árvore de eventos apresenta disposição binomial, não é possível visualizar os demais valores que podem ocorrer no intervalo entre o mínimo e o máximo da variável em estudo (JOAQUIM et al., 2015). Sem inserir a flexibilidade gerencial na análise da árvore de eventos, o valor obtido corresponde ao VPL calculado inicialmente. Como forma de verificar se a árvore de eventos está correta pode-se analisar os valores apresentados nas linhas. Para cada linha, os valores devem ser iguais, uma vez que estes não estão sob efeito da volatilidade (JOAQUIM, 2012; COPELAND; ANTIKAROV, 2001).

Quanto maior o período de análise, maior será a amplitude dos valores da árvore de eventos, maior será o risco do investimento, e menor será a probabilidade de ocorrência dos valores extremos. Os nós extremos do último período da árvore de eventos apresentam valores entre R\$ 10.284.174,65.m³⁻¹, e valores que tendem à zero no movimento descendente (R\$ 0,000021.m³⁻¹). Para que os valores extremos ocorram, é necessário que ocorram, ao longo do período analisado, somente movimentos ascendentes ou descendentes na árvore de eventos. Independente do período analisado, a maior probabilidade de ocorrência é encontrada a partir da linha central (VPL), sendo de 23,63% para o primeiro movimento ascendente e 76,37% para o primeiro movimento descendente. Conforme apresentado na Figura 9, à medida que se distancia da linha central, sua probabilidade de ocorrência diminui.

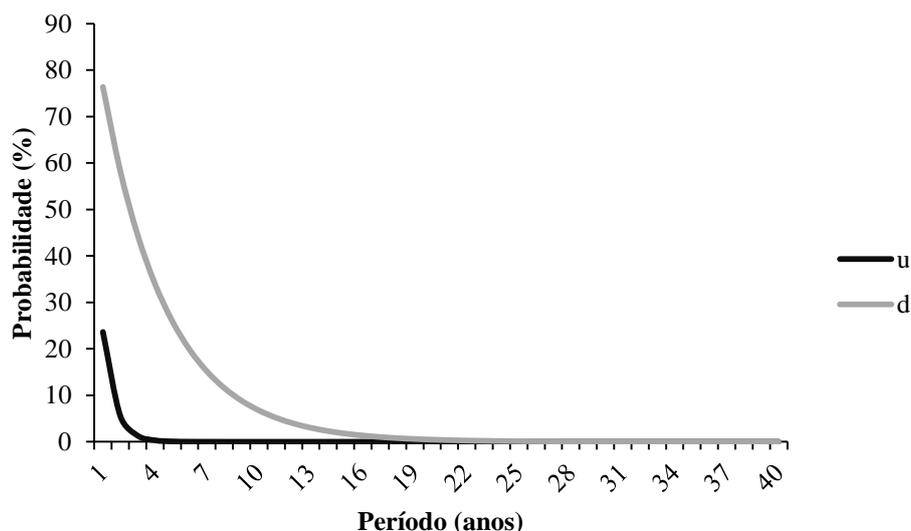


Figura 9. Probabilidade de ocorrência dos movimentos ascendente e descendente para cada período.

A probabilidade de ocorrência do valor extremo dos movimentos ascendentes corresponde à $8,65.10^{-26}$. Já a probabilidade de ocorrência do valor extremo dos movimentos descendentes é de $2,08.10^{-5}$. Assim, espera-se que os valores das extremidades, tanto o limite superior quanto o limite inferior, não sejam alcançados, de modo que os valores obtidos ao final do projeto devem se aproximar do valor do ativo subjacente sujeito a risco (COPELAND; ANTIKAROV, 2002; SOUZA NETO et al., 2008).

5.2.3. Valor de Abandono

Com o objetivo de maximizar os retornos do investimento, a opção do abandono permite que o investidor exerça a opção em qualquer período do horizonte de planejamento. Ao exercer a opção, o investidor obterá o valor residual do investimento, o que adiciona valor ao projeto (MAGALHÃES, 2010).

O valor de abandono foi calculado para cada período do investimento, sendo considerada a mesma taxa de juros adotada para a análise do VPL (Figura 10). Uma vez que não há valor residual para o investimento nos dois períodos iniciais, o valor de abandono do investimento corresponde a zero. No último período do horizonte de planejamento, o valor de abandono corresponde a R\$ $615,91.m^3^{-1}$.

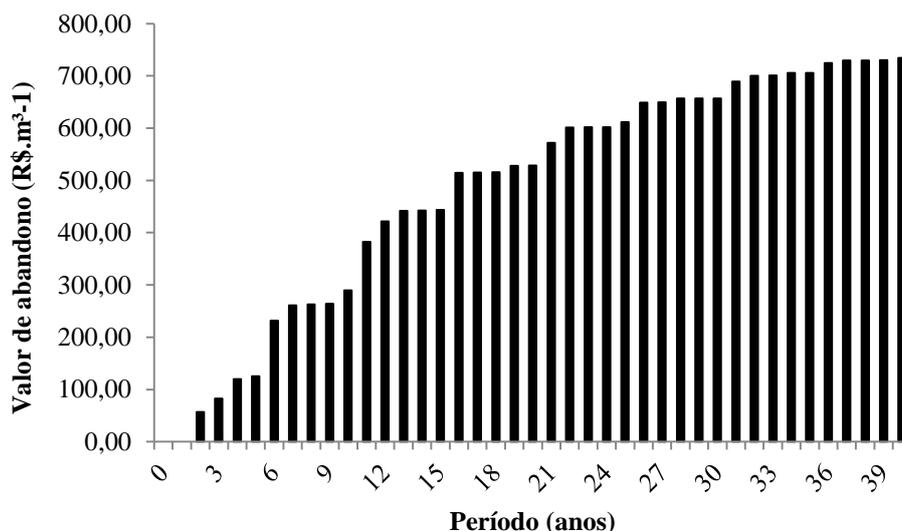


Figura 10. Valor da opção de abandono.

Conforme apresentado na Figura 10, o valor da opção de abandono é menor nos períodos iniciais do investimento, aumentando gradativamente ao longo do horizonte de planejamento. Em projetos que necessitam de investimento em todos os períodos do horizonte de planejamento, como é o caso do investimento em estudo, o valor de abandono é cumulativo e crescente (JOAQUIM, 2012).

5.2.4. Análise da Opção Real

Ao avaliar a árvore de eventos, é realizada a análise do momento ótimo para fazer o investimento, objetivando sempre a maximização do retorno financeiro (FABRINI, 2011). A decisão de prosseguir ou abandonar o investimento foi analisada por meio da comparação, nó a nó, entre o valor de abandono e o valor presente do nó da árvore de eventos. Dessa forma, a opção exercida depende de qual alternativa apresenta maior retorno financeiro esperado (RODRIGUES et al., 2013). A Figura 11 apresenta uma visão parcial da árvore de decisão, montada com as decisões gerenciais.

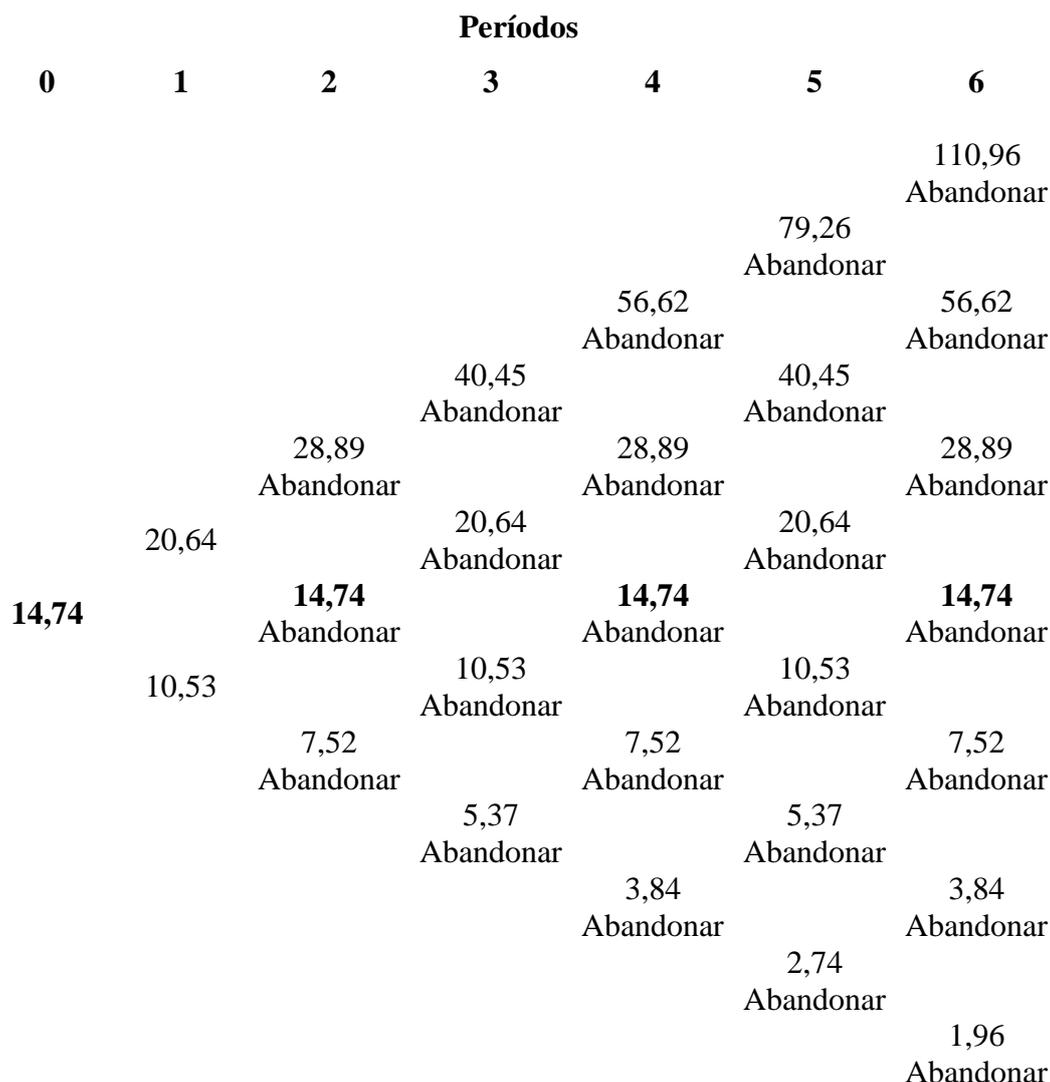


Figura 11. Representação da árvore de decisão do investimento.

Das 861 decisões gerenciais a serem tomadas na árvore de eventos, a opção de prosseguir com o investimento foi adotada em 237 nós (27,53%), e a decisão de abandono foi exercida em 624 nós (72,47%). Dessa forma, a opção de prosseguir com o investimento foi exercida apenas nos nós em que as condições foram consideradas muito favoráveis ao investimento.

A árvore de decisão apresenta as decisões ótimas para o investimento. Como era de se esperar, a opção de abandono foi exercida quando o projeto apresentar problemas, e a opção de prosseguir quando os retornos foram satisfatórios (COPELAND; ANTIKAROV, 2002).

A análise da flexibilidade gerencial foi feita por meio da árvore de opção real (Figura 12), que apresenta o valor da opção para cada nó. As decisões gerenciais foram

tomadas com o objetivo de maximizar o retorno financeiro. Dessa forma, pode-se observar que, ao considerar as opções reais, houve um aumento do retorno financeiro do investimento.

Períodos						
0	1	2	3	4	5	6
						104,32
					98,57	
				93,11		104,41
			87,94		98,62	
		83,06		93,14		104,45
	78,43		87,96		98,65	
74,07		83,07		93,16		104,47
	78,44		87,97		98,66	
		83,07		93,17		104,49
			87,98		98,67	
				93,17		104,49
					98,67	
						104,49

Figura 12. Representação da árvore de opção real do investimento.

Ao incorporar o valor de abandono na análise da TOR, utilizando a metodologia da probabilidade neutra ao risco, obteve-se um valor presente de R\$ 74,07.m³⁻¹, valor esse que corresponde ao VPL expandido do investimento, 5,02 vezes maior que o VPL tradicional. Uma vez que o VPL expandido é superior ao VPL tradicional, a flexibilidade do investimento é positiva. Assim, o exercício da opção real criada por meio da flexibilidade gerencial disponível aumentou o retorno do investimento (FABRINI, 2011).

O VOR (Tabela 9), obtido ao subtrair o VPL tradicional do VPL com flexibilidade, corresponde à R\$ 59,33.m³⁻¹. Esse valor expressa o a flexibilidade gerencial que os investidores obtêm ao empreender o investimento (COPELAND; ANTIKAROV, 2002).

Tabela 9. Resultados dos métodos de análise financeira.

Método de análise	Valor (R\$.m³⁻¹)
VPL tradicional	14,74
VPL expandido	74,07
VOR	59,33

Como se esperava, a avaliação financeira do investimento por meio de métodos determinísticos apresentou valores inferiores à análise por meio da TOR. Uma vez que as concessões florestais são feitas em áreas públicas (FLONAs), os resultados obtidos com o método da TOR não devem ser negligenciados (MOREIRA et al., 2000; ROCHA et al., 2006). Dessa forma, os retornos financeiros de um investimento em concessão florestal dados pelo método da TOR são um importante elemento para o processo de licitação e para políticas de governo sobre concessões florestais (ROCHA et al., 2000).

6. CONCLUSÕES

- Para ser considerado viável pelos métodos determinísticos de avaliação financeira, o investimento deve apresentar produtividade mínima de 17,75 m³.ha⁻¹.
- Adotando a produtividade máxima de 25,8 m³.ha⁻¹, o investimento em estudo foi considerado viável pelos métodos determinísticos de análise financeira (VPL, BPE e TIR).
- Os valores encontrados com a análise da TOR apresentaram-se superiores ao encontrado pelo VPL. Como se esperava, ao considerar os riscos e flexibilidade gerencial houve agregação de valor ao investimento.
- Por se tratar de um investimento de longa duração, os métodos determinísticos se mostram insuficientes para a análise financeira. Dessa forma, a metodologia da TOR desenvolvida por Copeland e Antikarov (2002) se mostrou adequada para a análise em questão, sendo uma boa ferramenta de auxílio à tomada de decisão, uma vez que podem ser inseridas diversas incertezas à análise.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGELO, H.; SILVA, J. C.; ALMEIDA, A. N.; POMPERMAYER, R. S. Análise estratégica do manejo florestal na Amazônia brasileira. **Floresta**, Curitiba, PR, v.44, n.3, p.341-348, 2014.

AZEVEDO RAMOS, C.; SILVA, J. N. M.; MERRY, F. The evolution of Brazilian forest concessions. **Elementa: Science of the Anthropocene**. Acesso em: 20/10/2015. Disponível em: <https://elementascience.org/articles/48>.

BARAN, F. D. **Avaliação de uma floresta de eucaliptos na presença de um mercado de certificados para reduções de emissões de carbono: uma abordagem por opções reais**. Dissertação (Mestrado). Puc-Rio, Rio de Janeiro, RJ, 2005.

BATISTA, F. R. S. **Estimação do valor incremental do mercado de carbono nos projetos de fontes renováveis de geração de energia elétrica no Brasil: uma abordagem pela teoria das opções reais**. Tese (Engenharia Industrial), PUC, Rio de Janeiro, RJ, 2007.

BLACK, F.; SHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. **Journal of Political Economy**. v.81, p. 637-659, 1973.

BRANDÃO, L. E. T. **Uma implantação da teoria das opções reais em tempo discreto para avaliação de uma concessão rodoviária no Brasil**. Tese (Doutorado em Engenharia Industrial). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, p.132., 2002.

BRANDÃO, L. E. T.; DYER, J. S. Projetos de opções reais com incertezas correlacionadas. **BASE – Revista de Administração e Contabilidade da Unisinos**, v.6, p. 19-26, 2009.

BRASIL. **Lei Nº 4.771**, de 15 de setembro de 1965. “Institui o Novo Código Florestal”. Acesso em: 15/08/2014. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. 1988. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 1988. Acesso em: 12/05/2014. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm.

BRASIL. **Decreto Nº 1.282**, de 19 de outubro 1995. Acesso em: 13/08/2014. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D1282.htm.

BRASIL. **Lei Nº 9.985**, de 18 de Julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, DF, 2000.

BRASIL. **LEI N° 11.284**, de 02 de março de 2006. “Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável”. Acesso em: 17/08/2014. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111284.htm

BRASIL. **Decreto N° 6.063**, de 20 de março de 2007. “Dispõe sobre a gestão de florestas públicas”. Acesso em: 15/08/2014. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6063.htm.

BRASIL. **N° Lei 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2012.

BRENNAN, M.; SCHWARTZ, E. Evaluating natural resource investments. **Journal of Business**, v.58, n.2, p.135-157, 1985.

CARNEIRO, M. S.; AMARAL NETO, M.; CASTRO, E. M. R. **Sociedade, floresta e sustentabilidade**. Instituto Internacional de Educação do Brasil; NAEA, 132p., 2013.

CARVALHO, J. O. P. de; SILVA, J. N. M; LOPES, J. do C. A.; COSTA, H. B. da. **Manejo de florestas naturais do trópico úmido com referência especial à Floresta Nacional do Tapajós no Estado do Pará**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 14p. (Documento, 26), 1984.

CADASTRO NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO (CNUC). **Tabela consolidada das unidades de conservação**. Acesso em: 18/09/2015. Disponível em: http://www.mma.gov.br/cadastro_uc.

CASTRO, A. L. **Avaliação de investimentos de capital em projetos de geração termoelétrica no setor elétrico brasileiro usando teoria das opções reais**. Dissertação (Mestrado). PUC-Rio, Rio de Janeiro, RJ, 2000.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução CONAMA N° 416**, de 30 de setembro de 2009. Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências. Acesso em: 28 de Julho de 2015. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=616>.

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

CORREIA NETO, J. F.; MOURA, H. J. de; FORTE, S. H. C. A. Modelo prático de previsão de fluxo de caixa operacional para empresas comerciais considerado os efeitos de risco, através do método de Monte Carlo. **Revista Eletrônica de Administração**, Rio Grande do Sul, v.8, n.3, p.1-5, 2002.

COX, J. S.; ROSS, S.; RUBINSTEIN, M. Option Pricing: a simplified approach. **Journal of Financial Economics**, v.7, p.229-263, 1979.

DAMODARAN, A. Gestão estratégica do risco: uma referência para a tomada de riscos empresariais. Bookman, Porto Alegre, 384p., 2009.

DIAS, M.A.G. **Investimento sob incerteza em exploração de petróleo**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Industrial da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1996.

DIAS, M.A.G. **Investimento sob incerteza em exploração e produção de petróleo**. Tese (Doutorado). Departamento de Engenharia Industrial da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. **Investment under uncertainty**. New Jersey, Princeton: University Press, 1994.

DIXIT, A. K.; PINDYCK, Robert S. The Options Approach to Capital Investment. **Havard Business Review**, p.105-115, 1995.

DOZZA, M. A. Determinantes de valor: teoria de opções reais por simulação de Monte Carlo com mínimos quadrados. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, Florianópolis, SC, v.4, n.7, p.68-80, 2012.

DRIGO, I. G. **As barreiras para a implantação de concessões florestal na América do Sul: os casos de Bolívia e Brasil**. Tese (Doutorado – Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais). Universidade de São Paulo e L’Institut des Sciences et industries du Vivant et de l’Environnement (AgroParisTech) Doutorado em Sciences de l’Environnement. São Paulo, SP, 287f., 2010.

FABRINI, K. L. **Teoria das opções reais: uma abordagem para análise de investimento em expansão do sistema elétrico**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, 2011.

FERNANDES, B.; CUNHA, J.; FERREIRA, P. The use of real options approach in energy sector investments. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** v.15, p.4491– 4497, 2011b.

FERNANDES, L. H. S.; SILVA, A. S. da; BARROS JÚNIOR, J. P. de. Aplicação de opções reais na valoração de uma patente para diagnosticar a dengue. **Revista Gestão Industrial**, v.7, n.2, p.112-134, 2011a.

FISHER, I. **The theory of interest: as determined by impatience to spend income and opportunity to invest it**. New York: Macmillan, 1930.

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira**, 2 ed. Bookman, 610p., 2004.

GODOY, M. G. A gestão sustentável e a concessão das florestas públicas. **Revista Economia contemporânea**. Rio de Janeiro, RJ, 2006.

GOMES, L. L. **Avaliação de termelétricas no brasil estudando o melhor momento de investimento por modelos de opções reais**. Tese (Doutorado). PUC-Rio, PUC-Rio, Rio de Janeiro, RJ, 2002.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; TEIXEIRA, L. M.; LIMA, A. J. N. O mercado internacional de madeira tropical está à beira do colapso. **SBPN Scientific Journal**, v. 1, n. 2, p. 33-41, 2006.

HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; LIMA, A. J. N.; HIGUCHI, F. G.; SILVA, R. P.; SOUZA, C. A. S.; PINTO, F. R.; TEIXEIRA, L. M.; CARNEIRO, M. C.; SILVA, S. R. Perspectivas do manejo florestal sustentável para a Amazônia brasileira. **Hiléia - Revista do Direito Ambiental da Amazônia**, n.8, 2010.

JOAQUIM, M. S. **Aplicação da teoria de opções reais na análise de investimentos em sistemas agroflorestais**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 126 p., 2012.

JOAQUIM, M. S.; SOUZA, A. N.; SOUZA, S. N.; PEREIRA, R. S.; ANGELO, H. Aplicação da teoria das opções reais na análise de investimentos em sistemas agroflorestais. **Cerne**, Lavras, MG, v.21 n.3, p.439-447, 2015.

JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L. G. **O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, RJ, n.16, p.3-30, 2002.

KARSENTY, A.; DRIGO, I. G.; PIKETTY, M. G.; SINGER, B. Regulating industrial forest concessions in Central Africa and South America. **Forest Ecology and Management**, v.256, p.1498–1508, 2008.

KEYNES, J. M. **A teoria geral do emprego, do juro e da moeda**. Atlas, São Paulo, SP, 1936.

KUMBAROGLU, G.; MADLENER, R.; DEMIREL, M. A real options evaluation model for the diffusion prospects of new renewable power generation technologies. **Energy Economics**, v.30, n.4, p.1882-1908.

LEMME, C. F. **Avaliação Econômica de Impactos Ambientais no Brasil: da Atividade Acadêmica ao Financiamento de Longo Prazo de Projetos e Empresas**. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2000.

MAGALHÃES, D. J. Q. **Teoria das opções reais: uma abordagem estratégica na análise de investimentos**. Dissertação (Mestrado). Universidade de Trás-os-Montes e Alto Dourado. Vila Real, Portugal, 2010.

MEDEIROS, R.; ARAÚJO, F. F. S. **Dez anos do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: lições do passado, realizações presentes e perspectivas para o futuro**. Brasília: MMA, 220p., 2011.

MENDÉZ, M.; GOYANES, A. **Real Options Valuation of a Wind Farm**. ESIC Business and Marketing School, Saphire Finance LLP. Business Finance Department, Universidad Autónoma de Madrid, Espanha, 2009.

MERTON, R. An intertemporal capital asset pricing mode. **Econometrica**, v.41, n.5, p.867-887, 1973.

METROPOLIS, N.; ULAM, S. The Monte Carlo Method. **Journal of the American Statistical Association**, v.44, n.247. p.335-341, 1949.

MINARDI, A. M. A. F.; SAITO, R. Orçamento de Capital. **Revista de Administração de Empresas**, v.47, n.3, p.79-83, 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Pilares para a Sustentabilidade Financeira do Sistema Nacional de Unidades de Conservação**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Departamento de Áreas Protegidas. Brasília, DF, 72p., 2009.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA); INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (IBAMA). **Plano de Manejo da Floresta Nacional do Jamari – Rondônia**. v.1. 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA); SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO (SFB). **Plano anual de outorga florestal 2016**. Brasília, DF, 72p., 2015.

MORK, R.; SCHWARTZ, E.; STANGELAND, D. The valuation of forestry resources under stochastic prices and inventories. **Journal of Financial and Quantitative Analysis**, v.24, n.4, 1989.

MOREIRA, A. R. B.; REIS, E. J.; ROCHA, K.; CARVALHO, L. A valoração das concessões nas florestas nacionais da Amazônia: uma abordagem com opções reais. **Pesquisa e Planejamento Econômico**. Rio de Janeiro, RJ, v.30, n.3, p.327-354, 2000.

MYERS, S. Determinants of Capital Borrowing. **Journal of Financial Economics**, 5 (2), p.147-175, 1977.

NARDELLI, P. M.; MACEDO, M. A. Análise de um projeto agroindustrial utilizando a teoria de opções reais: a opção de adiamento. **RESR**, Piracicaba, SP, vol.49, n.4, p.941-966, 2011.

NOGUEIRA, J. M.; RODRIGUES, A. A. **Manual de Valoração Econômica de Florestas Nacionais**. Quarto relatório, versão corrigida, do Estudo sobre Valoração Econômica de Florestas Nacionais: Produtos Madeireiros e Não Madeireiros do Projeto PNUD/BRA 97/044 – Desenvolvimento Florestal Sustentável. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e a Fundação de Tecnologia Florestal e Geo-Processamento (FUNTEC), p.385-393, 2007.

OLIVEIRA, R. J. de. **A volatilidade de projetos Industriais para uso em análise de Risco de investimentos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2010.

OLIVEIRA, R. J. de.; PAMPLONA, E. O. A volatilidade de projetos industriais para uso em análise de risco de investimentos. **Gest. Prod.**, São Carlos, SP, v.19, n.2, p.337-345, 2012.

PADDOCK, J.; SIEGEL, D.; SMITH, J. Option Valuation of Claims on Physical Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases. **Quarterly Journal of Economics**, v.103, p.479-508, 1988.

PEREIRA, D.; SANTOS, D.; VEDOVETO, M.; GUIMARÃES, J.; VERÍSSIMO, A. **Fatos florestais da Amazônia 2010**. Imazon, Belém – PA, 2010.

PINDYCK, R. S. Uncertainty in the theory of renewable resource markets. **Review of Economic Studies**, v.2, n. 165, 1984.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Análise econômica e social de projetos florestais**. Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa – MG, 3 ed., 2013.

ROCHA, K.; MOREIRA, A. R. B.; CARVALHO, L.; REIS, E. J. **O Valor de Opção das Concessões nas Florestas Nacionais da Amazônia**. IPEA, Série Texto para Discussão n.737, 28p., Rio de Janeiro, RJ, 2000.

ROCHA, K.; MOREIRA, A. R. B.; REIS E. J.; CARVALHO, L. The market value of forest concessions in the brazilian Amazon: a real option approach. **Forest Policy and Economics**, v.8, p.149–160, 2006.

RODRIGUES, P. H. da F.; FERREIRA, V. A. de C.; LEMME, C. F.; BRANDÃO, L. H. T. Avaliação de empresas start-up por opções reais: o caso do setor de biotecnologia. **Gest. Prod.**, São Carlos, v.20, n.3, p.511-523, 2013.

RUSCHEL, A. R. **Dinâmica da composição florística e do crescimento de uma floresta explorada há 18 anos na Flona Tapajós, PA**. Belém, PA, Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, 57p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 341), 2008.

SABOGAL, C.; LENTINI, M.; POKORNY, B.; SILVA, J. M. N.; ZWEEDE, J.; VERÍSSIMO, A.; BOSCOLO, M. **Manejo empresarial da Amazônia brasileira**. Belém: CIFOR, 2006.

SANT'ANNA, A. C.; NOGUEIRA, J. M. Valoração econômica dos serviços ambientais de florestas nacionais. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v.2, n.1, 2010.

SANTANA, A. C.; SANTOS, M. A. S.; SANTANA, A. L.; YARED, J. A. G. O valor econômico da extração manejada de madeira no baixo Amazonas, estado do Pará. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.36, n.3, p.527-536, 2012.

SANTOS, A. A. B. **Conselhos Gestores de Unidades de Conservação**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade de Brasília, Brasília, DF, 186p., 2008.

SANTOS, E. M.; PAMPLONA, E. O. Teoria das Opções Reais: uma atraente opção no processo de análise de investimentos. **Revista de Administração**, São Paulo, SP, v.40, n.3, p.235-252, 2005.

SANTOS, L.; SOARES, I.; MENDES, C.; FERREIRA, P. Real options versus traditional methods to assess renewable energy projects. **Renewable Energy**, v.68, p.588-594, 2014.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO (SFB). **Concessão Florestal**. Acesso em: 03/01/2016. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/concessoes-florestais/florestas-sob-concessao/tres-florestas-nacionais-abrigam-concessao-florestal>.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO (SFB). **Edital de licitação para concessão florestal para a FLONA Jamari**. 2007. Acesso em: 20/08/2015. Disponível em: http://www.florestal.gov.br/concessoes-florestais/florestas-sob-concessao/index.php?option=com_k2view=itemelayout=itemeccatid=98eid=577

SIEGEL, D.; SMITH, J.; PADDOCK, J. Valuing offshore oil properties with option pricing models. **Midland Corporate Finance Journal**. n.1, p. 22-30, 1987.

SILVA, K. E.; RIBEIRO, C. A. A. S.; MARTINS, S. V.; SANTOS, N. T. Concessões de florestas públicas na Amazônia: desafios para o uso sustentável dos recursos florestais. **Bioikos**, Campinas, v.23, n.2, p. 91-102, 2009.

SILVA, L. F.; SILVA, M. L. CORDEIRO, S. A. Análise do mercado mundial de madeiras tropicais. *Revista de Política Agrícola*, v.21, n.3, 2012.

SOUZA NETO, J. A. de; BERGAMINI JUNIOR, C.; OLIVEIRA, V. O. de. **Opções Reais: introdução à teoria e à prática**. Qualitymark, Rio de Janeiro, RJ, 2008.

TOURINHO, O. The valuation of reserves of natural resources: an option pricing approach. Tese (Doutorado), University of California, Berkeley, 1979.

TRIGEORGIS, L. Real options: managerial flexibility and strategy in resource allocation. **MIT Press**, Estados Unidos, 1996.

VILANOVA, E.; RAMÍREZ-ÂNGULO, H.; RAMÍREZ, G.; TORRES-LEZAMA, A. Compliance with sustainable forest management guidelines in three timber concessions in the Venezuelan Guayana: Analysis and implications. **Forest Policy and Economics** v.17, p.3–12, 2012.