**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Opção de adiamento aplicada à avaliação de projetos de produção
canavieira em Goiatuba/GO, Maracaju/MS e Uberaba/MG**

Renato Harbs

Dissertação apresentada para a obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Economia
Aplicada

**Piracicaba
2016**

Renato Harbs
Engenheiro Agrônomo

**Opção de adiamento aplicada à avaliação de projetos de produção canavieira em
Goiatuba/GO, Maracaju/MS e Uberaba/MG**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:
Profa. Dra. **MIRIAN RUMENOS PIEDADE BACCHI**

Dissertação apresentada para a obtenção do título
de Mestre em Ciências. Área de concentração:
Economia Aplicada

Piracicaba
2016

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Harbs, Renato

Opção de adiamento aplicada à avaliação de projetos de produção canavieira em Goiatuba/GO, Maracaju/MS e Uberaba/MG / Renato Harbs. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2016.

112 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Cana-de-açúcar 2. Avaliação de projetos 3. Simulação de Monte Carlo 4. Análise de opções reais I. Título

CDD 338.17361
H255o

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Aos meus pais, Roberto e Rose,
DEDICO

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Roberto e Rose, e ao meu irmão Ricardo, por todo apoio e incentivo ofertados, indispensáveis à conclusão desta etapa.

À Ana Thereza, pelo apoio incondicional dispendido ao longo da realização deste trabalho.

À Professora Mirian Rumenos Piedade Bacchi, pela orientação, paciência e confiança.

Ao Professor Alex da Silva Alves, pela transmissão de conhecimento e apoio ao desenvolvimento desta dissertação.

Aos Professores, funcionários e colegas do Departamento de Economia.

Aos amigos da República Jacarepaguá, pela oportunidade de convívio e aprendizado oferecidos ao longo de minha trajetória acadêmica.

Ao CNPq, pelo auxílio financeiro concedido durante o período de realização do mestrado.

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	11
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE TABELAS	15
1 INTRODUÇÃO	19
1.1 Objetivos	20
1.1.1 Objetivo geral	20
1.1.2 Objetivos específicos	20
1.1.3 Justificativas	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1 Panorama do setor sucroalcooleiro nacional	23
2.2 Expansão da cana-de-açúcar	26
2.3 Crise e perspectivas para o setor	31
2.4 Teoria das Opções Reais	35
2.4.1 Conceitos	35
2.4.2 Tipos de opções	39
2.4.2.1 Opção de abandono	39
2.4.2.2 Opção de adiamento	40
2.4.2.3 Opção de alteração de escala	40
2.4.2.4 Opção de investimento por estágios	40
2.4.2.5 Opção de mudanças de uso (inputs e outputs)	40
2.4.2.6 Opções múltiplas	40
2.4.3 Aplicações da Teoria de Opções Reais	41
3 METODOLOGIA	45
3.1 Fonte dos dados	45
3.2 Análise das opções reais	45
3.2.1 Avaliação tradicional de projetos	46
3.2.1.1 Fluxo de caixa descontado	46
3.2.1.2 Depreciação	47
3.2.1.3 Taxa mínima de atratividade	48
3.2.2 Indicadores de viabilidade de projetos	48
3.2.2.1 Valor Presente Líquido	48
3.2.2.2 Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE)	49

3.2.3 Tópico Adicional - Cálculo da Perpetuidade.....	49
3.3 Análise de sensibilidade	50
3.4 Simulação de Monte Carlo	50
3.5 Modelo binomial	51
3.5.1 Taxa de juros livre de risco.....	51
3.5.2 Determinação dos parâmetros do modelo	52
3.5.3 Árvore binomial.....	53
3.6 Caracterização da produção canavieira típica.....	56
3.6.1 Região de Goiatuba/GO.....	56
3.6.1.1 Sistema de produção típico da região de Goiatuba/GO.....	57
3.6.1.2 Investimentos – Goiatuba/GO	58
3.6.1.3 Receitas – Goiatuba/GO	59
3.6.1.4 Custos operacionais – Goiatuba/GO.....	60
3.6.1.5 Tributos – Goiatuba/GO	61
3.6.2 Região de Maracaju	62
3.6.2.1 Sistema de produção típico da região de Maracaju	63
3.6.2.2 Investimentos - Maracaju	64
3.6.2.3 Receitas - Maracaju	65
3.6.2.4 Custos – Maracaju	65
3.6.2.5 Tributos - Maracaju	65
3.6.3 Região de Uberaba	66
3.6.3.1 Sistema de produção típico da região de Uberaba.....	67
3.6.3.2 Investimentos - Uberaba.....	68
3.6.3.3 Receitas - Uberaba.....	69
3.6.3.4 Custos – Uberaba.....	70
3.6.3.5 Tributos - Uberaba.....	70
4 RESULTADOS	71
4.1 Fluxo de Caixa descontado.....	71
4.2 Análise de Sensibilidade.....	76
4.3 Simulação de Monte Carlo	78
4.4 Modelo Binomial.....	79
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
REFERÊNCIAS	93
ANEXOS.....	99

RESUMO

Opção de adiamento aplicada à avaliação de projetos de produção canavieira em Goiatuba/GO, Maracaju/MS e Uberaba/MG

A crise financeira mundial de 2008 associada a fatores intrínsecos adversos afetou fortemente o setor sucroalcooleiro nacional, até então em franca expansão. Ainda que em um momento desfavorável, prevê-se, para um futuro próximo, a retomada dos investimentos no setor, em virtude do aumento da demanda, tanto interna quanto externa, de açúcar e etanol. Nesse contexto, o objetivo do trabalho é avaliar o valor da opção de adiamento, através da análise de opções reais, em projetos de produção de cana-de-açúcar em regiões de grande aptidão à expansão da cultura canavieira: Goiatuba/GO, Maracaju/MS e Uberaba/MG. Os resultados indicam que, sob a ótica da avaliação tradicional de projetos, os três projetos de produção de cana-de-açúcar mostram-se inviáveis, com VPLs de -R\$ 4.726.546,86 em Goiatuba/GO, -R\$ 3.251.006,50 em Maracaju/MS, enquanto em Uberaba/MG o resultado foi negativo em R\$ 3.918.210,03. Através de uma análise de sensibilidade, detecta-se que, para as três regiões, as principais variáveis sujeitas a risco, consideradas no estudo, a afetar o resultado dos projetos são: produtividade, quantidade de ATR e preço de ATR. Essas variáveis são utilizadas para, através da Simulação de Monte Carlo, auferir os desvios-padrão dos retornos dos VPLs de cada projeto, a partir dos quais são calculados os parâmetros para construção de modelo binomial utilizado para valorar a opção de adiamento. Os valores apurados da opção de adiamento para cada região são de R\$ 12.774.411,36 para Goiatuba/GO, R\$ 2.514.292,71 para Maracaju/MS e R\$ 76.086,52 para Uberaba/MG. Quando somados os valores da opção para cada região aos seus respectivos VPLs são apurados os VPLs expandidos: R\$ 8.047.864,50 para Goiatuba/GO, R\$ -736.713,79 para Maracaju/MS e R\$ -3.842.123,50 em Uberaba/MG. Ademais, são definidos os pontos de inflexão das variáveis sujeitas a risco consideradas no trabalho para critério de rejeição dos projetos, tanto na avaliação tradicional de projetos quanto na avaliação a partir das opções reais. Os resultados indicam que a análise de opções reais como critério para rejeição de projetos tende a ser mais maleável em relação às variáveis sujeitas a risco quando comparada à avaliação tradicional de projetos, admitindo menores valores de produtividade, quantidade de ATR e preço do ATR, bem como suportando maiores preços de terra e de custos com corte, carregamento e transporte (CCT) de cana. Não obstante, os VPLs expandidos apontam que o projeto de Goiatuba/GO não deve ser rejeitado, mantendo-se como uma opção de investimento futuro; quanto a Maracaju/MS, a consideração da opção de adiamento na avaliação de projetos não foi suficiente, por si só, para reverter o resultado negativo do VPL tradicional; contudo, pequenos incrementos em variáveis de risco intrínsecas à atividade poderiam tornar o VPL expandido superior a zero, viabilizando o projeto como opção futura de investimento. No caso de Uberaba/MG, o baixo valor da opção de adiamento associado ao já deprimido VPL tradicional leva à rejeição do projeto como opção de investimento futuro.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar; Avaliação de projetos; Simulação de Monte Carlo; Análise de opções reais

ABSTRACT

Deferred option applied to the evaluation of projects of sugarcane production in Goiatuba (Goiás), Maracaju (Mato Grosso do Sul) and Uberaba (Minas Gerais)

The global financial crisis in 2008 associated to adverse intrinsic aspects affected significantly the sugarcane sector in Brazil, which was expanding notably until that time. Even though it is in an unfavorable moment, it is forecasted, in a near future, the rebound of investments in the sector, due to the increase of both domestic and international demands for sugar and ethanol. In this scenario, the objective of this study is to evaluate the value of the deferred option, through the analysis of real options, in projects of sugarcane production in regions that have great ability to expand the sugarcane production in Brazil: Goiatuba (Goiás), Maracaju (Mato Grosso do Sul) and Uberaba (Minas Gerais). The results indicate that, regarding the perspective of the traditional evaluation of projects, the three projects of sugarcane production are not viable, with NPVs of -4,726,546.86 reais (Brazilian currency) in Goiatuba (Goiás State), -3,251,006.50 reais in Maracaju (Mato Grosso do Sul State) and -3,918,210.03 reais in Uberaba (Minas Gerais State). Through a sensitivity analysis, it was discovered that, for the three regions, the major variables subject to risk considered in the study that can affect the results of the projects are: productivity, quantity of TRS (Total Recoverable Sugar) and TRS price. These variables are used to, through the Monte Carlo Simulation, detect the standard deviations of the NPVs' returns of each project, from which the parameters to construct a binomial model used to value the deferred option are calculated. The values for the deferral option in each region are 12,774,411.36 reais in Goiatuba, 2,514,292.71 reais in Maracaju and 76,086.52 reais in Uberaba. When the option values in each region are added to their respective NPVs, the result is the expanded NPVs: 8,047,864.50 reais in Goiatuba, 736,713.79 reais in Maracaju and -3,842,123.50 reais in Uberaba. Moreover, the inflection points of variables subject to risk considered in the study are defined for both the traditional projects' evaluation and the evaluation from real options. The results indicate that the analysis of real options as a standard to reject projects tends to be more flexible regarding variables subject to risk when compared to the traditional evaluation of projects, admitting lower values of productivity, TRS amount and TRS price, and accepting higher land prices and costs with cutting, loading and transportation of sugarcane. Nevertheless, expanded NPVs indicate that the project in Goiatuba must not be rejected, continuing as an option of future investment; as for Maracaju, considering the deferred option in the project's evaluation was not enough, on its own, to revert the negative result of the traditional NPV; however, slight increases in risk variables intrinsic to the activity could make the expanded NPV higher than zero, enabling the project as a future investment option. Concerning Uberaba, the low value of the deferred option associated to the already reduced traditional NPV takes to the rejection of the project as a future investment option.

Keywords: Sugarcane; Projects' evaluation; Monte Carlo simulation; Real options analysis

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Projeção da demanda total de etanol – 2014 a 2024	33
Figura 2 - Área colhida e produtividade do setor sucroenergético brasileiro – 2014 a 2024 ...	34
Figura 3 - Emprego de método Monte Carlo para montagem de árvore de eventos	51
Figura 4 - Grade Binomial Multiplicativa	54
Figura 5 - Fluxo de caixa projetado para o cultivo de cana-de-açúcar por fornecedores típicos da região de Goiatuba/GO	71
Figura 6 - Fluxo de caixa projetado para o cultivo de cana-de-açúcar por fornecedores típicos da região de Maracaju/MS	71
Figura 7 - Fluxo de caixa projetado para o cultivo de cana-de-açúcar por fornecedores típicos da região de Uberaba/MG	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de usinas/destilarias no Brasil por região e estado	25
Tabela 2 – Participação e taxa anual média geométrica de crescimento (TGC) da produção de cana-de-açúcar por estado no total nacional: safras 1980/1981 a 2012/2013	27
Tabela 3 - Área total e área antropizada apta para a expansão da cana dos principais estados produtores de cana do Brasil.....	30
Tabela 4 - Classificação de áreas aptas à cultura da cana-de-açúcar em Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul	30
Tabela 5 - Projeções para a produção, consumo e exportação brasileira de açúcar no decênio 2014/15-2024/25	32
Tabela 6 - Projeção de produção e área plantada para os estados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Paraná e São Paulo – 2014/15 a 2024/25.....	35
Tabela 7 - Apuração da taxa mínima de atratividade de produção de cana-de-açúcar.....	48
Tabela 8 - Premissas técnicas referentes à propriedade típica destinada à produção de cana-de-açúcar em Goiatuba/GO.....	57
Tabela 9 - Máquinas e implementos necessários para a produção de cana-de-açúcar em Goiatuba/GO.....	59
Tabela 10 - Preços nominais e reais do quilograma do ATR no estado de São Paulo – safras 2007/08 a 2014/15	60
Tabela 11 - Custos de produção de cana-de-açúcar por estágio para Goiatuba/GO	61
Tabela 12 - Tributos incidentes sobre a produção – Goiatuba/GO	61
Tabela 13 - Premissas técnicas referentes à propriedade típica destinada à produção de cana-de-açúcar na em Maracaju/MS	62
Tabela 14 -Máquinas e implementos necessários para a produção de cana-de-açúcar em Maracaju/MS	64
Tabela 15 - Custos de produção de cana-de-açúcar por estágio para Maracaju/MS.....	65
Tabela 16 - Tributos incidentes sobre a produção – Maracaju/MS.....	66
Tabela 17 - Premissas técnicas referentes à propriedade típica destinada à produção de cana-de-açúcar em Uberaba/MG	67
Tabela 18 - Máquinas e implementos necessários para a produção de cana-de-açúcar em Uberaba/MG	69

Tabela 19 - Custos de produção de cana-de-açúcar por estágio para Uberaba/MG.	70
Tabela 20 - Tributos incidentes sobre a produção – Uberaba/MG	70
Tabela 21 - Indicadores de atratividade econômica da produção de cana-de-açúcar em propriedades típicas para as regiões de Goiatuba/GO, Maracaju/MS e Uberaba/MG.....	73
Tabela 22 - Pontos de inflexão que tornam o $VPL = 0$ no projeto de Goiatuba/GO: análise via método de fluxo de caixa descontado para as variáveis selecionadas.....	74
Tabela 23 - Pontos de inflexão que tornam o $VPL = 0$ no projeto de Maracaju/MS: análise via método de fluxo de caixa descontado	75
Tabela 24 - Pontos de inflexão que tornam o $VPL = 0$ no projeto de Uberaba/MG: análise via método de fluxo de caixa descontado	76
Tabela 25 - Análise de sensibilidade para os parâmetros de risco dos modelos de fluxo de caixa descontado para os projetos de Goiatuba/GO, Maracaju/MS e Uberaba/MG.....	77
Tabela 26 - Parâmetros para geração de dados aleatórios para as variáveis produtividade, quantidade de ATR e preço do ATR, referentes às regiões de Goiatuba/GO, Maracaju/MS e Uberaba/MG.....	78
Tabela 27 - Valores dos parâmetros utilizados para o modelo binomial multiplicativo.....	79
Tabela 28 - Representação simplificada do modelo binomial multiplicativo para o valor do ativo subjacente sujeito a risco – Goiatuba/GO (R\$ milhões)	80
Tabela 29 - Representação simplificada do modelo binomial multiplicativo para o valor da opção de adiamento – Goiatuba/GO (R\$ milhões)	80
Tabela 30 - Representação simplificada do modelo binomial multiplicativo para o valor do ativo subjacente sujeito a risco – Maracaju/MS (R\$ milhões).....	81
Tabela 31 - Representação simplificada do modelo binomial multiplicativo para o valor da opção de adiamento – Maracaju/MS (R\$ milhões)	82
Tabela 32 - Representação simplificada do modelo binomial multiplicativo para o valor do ativo subjacente sujeito a risco – Uberaba/MG (R\$ milhões).....	83
Tabela 33 - Representação simplificada do modelo binomial multiplicativo para o valor da opção de adiamento – Uberaba/MG (R\$ mil)	83
Tabela 34 - VPL, valor da opção e VPL expandido para Goiatuba/GO, Maracaju/MS e Uberaba/MG.....	84
Tabela 35 - Valores dos projetos com e sem opção para Goiatuba/GO, Maracaju/MS e Uberaba/MG.....	85

Tabela 36 - Pontos de inflexão que tornam o VPL expandido=0 no projeto de Goiatuba/GO: análise via modelo de opções reais	85
Tabela 37 - Pontos de inflexão que tornam o VPL expandido=0 no projeto de Maracaju/MS: análise via modelo de opções reais.....	86
Tabela 38 - Pontos de inflexão que tornam o VPL expandido=0 no projeto de Uberaba/MG: análise via modelo de opções reais.....	87
Tabela 39 - Valores de indiferença financeira para o projeto de Goiatuba/GO: comparação entre método de fluxo de caixa descontado e da Teoria de Opções Reais – variáveis selecionadas.....	88
Tabela 40 - Valores de indiferença financeira para o projeto de Maracaju/MS: comparação entre método de fluxo de caixa descontado e da Teoria de Opções Reais – variáveis selecionadas.....	88
Tabela 41 - Valores de indiferença financeira para o projeto de Uberaba/MG: comparação entre método de fluxo de caixa descontado e da Teoria de Opções Reais – variáveis selecionadas.....	89

1 INTRODUÇÃO

O setor sucroalcooleiro nacional é de grande relevância econômica, gerando empregos, renda e divisas para o país. O Brasil é, atualmente, o principal produtor mundial de cana-de-açúcar, além de ser o maior produtor e exportador mundial de açúcar e segundo maior produtor de etanol, atrás apenas dos EUA (FAO, 2016; UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA, 2016).

A partir dos anos 2000, o setor sucroalcooleiro brasileiro experimentou forte expansão, calcada tanto na expansão das exportações de açúcar, quanto no aumento da demanda do etanol, a partir do desenvolvimento da tecnologia *flex fuel*, que permite o uso tanto de gasolina como de etanol em veículos, bem como do aumento da demanda por fontes mais limpas de energia (RODRIGUES; ZECHIN; PINHEIRO, 2014).

Nesse contexto, estados da região centro-oeste, além de Minas Gerais, figuraram como principal destino da expansão canavieira, em virtude de uma série de fatores: saturação de áreas tradicionais de cultivo canavieiro, como São Paulo e estados do Nordeste; alto custo da terra nas áreas tradicionais de produção; decadência do setor na região Nordeste; condições edafoclimáticas propícias ao desenvolvimento da cana-de-açúcar; relevo favorável à mecanização das operações agrícolas, como plantio e colheita; existência de unidades produtivas dotadas de grande extensão territorial, favorecendo o rendimento de operações agrícolas, além da tradição regional na atividade agropecuária (VIAN, 2003; VIAN; MORAES, 2005; MEURER; SHIKIDA, 2014).

Entretanto, a crise financeira global de 2008, associada a um cenário de preços pouco remuneradores, além de condições climáticas adversas em regiões tradicionais do cultivo canavieiro expuseram o setor a uma situação particularmente desfavorável, culminando com a redução de investimentos no setor, bem como com o envelhecimento dos canaviais e, por conseguinte, com perda de rentabilidade do setor (RODRIGUES; ZECHIN; PINHEIRO, 2014; CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL - CNA, 2015; ORGANISATION FOR CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD-FAO, 2015).

Ainda que vivenciando, atualmente, um cenário adverso, as perspectivas para o setor mostram-se otimistas: as projeções indicam, para o próximo decênio, aumento de 3,1% ao ano na produção de açúcar, com vistas ao atendimento tanto das exportações, quanto do crescimento da demanda interna por açúcar. Não obstante, projeta-se, para o mesmo período,

incremento de 6,8% a.a. da produção de etanol hidratado, bem como 1,9% a.a. de crescimento da produção de etanol anidro, com vistas ao atendimento, predominantemente, da demanda interna crescente (BRASIL, 2015).

Face às expectativas de crescimento para o setor, a região centro-oeste, bem como o estado de Minas Gerais, surge como destino provável de uma futura expansão canavieira. De fato, como apontado pelo Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar – ZAE Cana -, os estados de Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais possuem a maior área apta à expansão do cultivo de cana-de-açúcar, comparativamente aos demais estados (BRASIL, 2009).

Assim, caso venham a se realizar as previsões indicadas, espera-se o aumento da produção canavieira, sobretudo nas áreas de maior aptidão para a expansão agrícola. Nesse sentido, a opção de adiar o projeto de produção de cana-de-açúcar à espera de novas informações é particularmente interessante na avaliação desse tipo de empreendimento. Em outras palavras, a flexibilidade gerencial de adiar o investimento na produção canavieira aguardando o delineamento de um cenário mais favorável possivelmente agrega valor ao projeto em questão.

Nesse contexto, o presente estudo propõe-se a apurar o valor da opção de adiamento de projetos de produção de cana-de-açúcar, localizados nos estados com maior potencial de expansão canavieira, a saber: Goiatuba/GO, Maracaju/MS e Uberaba/MG.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Apurar o valor dos projetos de produção de cana-de-açúcar em Goiatuba/GO, Maracaju/MS e Uberaba/MG, ao incorporar a opção de adiamento nos mesmos, tomando como base informações acerca das propriedades canavieiras típicas das regiões consideradas.

1.1.2 Objetivos específicos

No processo de valoração da opção de adiamento para as regiões em questão, este estudo visa a: i) realizar a avaliação dos projetos através de fluxo de caixa descontado; ii) definir o valor da opção de adiamento inerente a cada projeto; e iii) comparar os resultados obtidos através de ambas as análises, tradicional e de opções reais.

1.1.3 Justificativas

Espera-se que a opção de adiamento aplicada aos projetos de produção canavieira forneça subsídios para a tomada de decisão acerca de novos empreendimentos rurais dessa natureza, contribuindo para a maximização dos lucros da atividade.

Não obstante, pretende-se propiciar maior conhecimento acerca dessa metodologia para a sociedade, auxiliando futuras pesquisas que considerem a aplicação das opções reais na avaliação de projetos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Panorama do setor sucroalcooleiro nacional

O Brasil é, de acordo com a FAO, o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com produção de 737 milhões de toneladas na safra 2013/14, equivalente a 38,8 % da produção canavieira mundial. Em seguida surgem Índia, com 18,53%, China, com 6,61% e Tailândia, com 5,46%. Os demais países representam, juntos, 30,6 % da produção mundial de cana (FAO, 2016).

Não obstante o fato de ser o líder mundial na produção canavieira, o setor sucroalcooleiro nacional é também o maior produtor mundial de açúcar, tendo produzido, na safra 2014/15, 35,95 milhões de toneladas do produto, o que representa 20,53 % de todo açúcar produzido no mundo. Na sequência aparecem Índia, com 17,27 % da produção, União Europeia (9,57%), China (6,28%) e Tailândia (6,16%). Juntos, esses países são responsáveis por aproximadamente 60% da produção mundial de açúcar (USDA, 2016).

No que tange ao etanol, outro derivado da cana, o Brasil ocupa o segundo lugar em produção, com 28,55 bilhões de litros em 2014, atrás apenas dos EUA, que produziu 54,28 bilhões de litros no mesmo período (USDA, 2015).

É importante salientar que o Brasil detém vantagens comparativas significativas frente a outros países no que concerne à produção de etanol. Como destacado em WWF Brasil (2008), o etanol produzido no país apresenta custo de produção muito inferior ao etanol de milho dos EUA ou o etanol de beterraba produzido na União Europeia. Ainda, a análise da relação entre energia contida no combustível e a energia fóssil utilizada para produzi-lo aponta o etanol de cana-de-açúcar como sendo o mais renovável, comparativamente aos demais combustíveis obtidos a partir de outras culturas que não a cana-de-açúcar (WORLD WILDLIFE FUND - WWF BRASIL, 2008).

Com volume exportado de 24,24 milhões de toneladas na safra 2014/15, o Brasil lidera as exportações mundiais de açúcar, tendo como destino principalmente China, Bangladesh, Argélia, Índia e Rússia. Quanto às exportações de etanol, o país exportou, no mesmo período, aproximadamente 1,4 bilhão de litros, tendo como principais destinos EUA e Coreia do Sul, responsáveis por 84,6% do volume de etanol exportado pelo Brasil (USDA, 2015).

Além da produção de açúcar e etanol, outro potencial, ainda pouco explorado no Brasil, é o de cogeração de energia elétrica pelas usinas de cana-de-açúcar, a partir da queima do bagaço. A Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) destaca como vantagens para o Brasil na adoção da cogeração através do bagaço da cana-de-açúcar: a complementariedade com a energia hidrelétrica, uma vez que a safra da região Centro-Sul coincide com o período seco na região; baixos custos logísticos, já que a instalação da planta de cogeração é anexa à usina; rápida implantação da tecnologia, em torno de 18 meses; tecnologia nacional, podendo ser adquirida dentro do país; e o fato de a energia gerada no processo ser limpa (CONAB, 2013).

O setor sucroalcooleiro nacional possui características singulares, distinguindo-o de outros países. Entre essas características, cita-se:

- 1) Em geral, as usinas produzem grande parte da cana-de-açúcar que processam, ao contrário do que ocorre em outros países, nos quais o setor industrial e setor agrícola são separados;
- 2) Diversidade de produtos oriundos do processamento da cana, tais como álcool, cachaça e rapadura, além da cogeração de energia elétrica a partir da queima do bagaço;
- 3) Distribuição espacial das unidades processadoras, que ocupam diferentes microclimas ao longo do país, o que capacita o Brasil a manter uma oferta relativamente regular de produtos oriundos do processamento da cana (CONAB, 2013).

As exigências agronômicas e climáticas da cana-de-açúcar possibilitam o seu cultivo em uma ampla faixa de território nacional, permitindo a existência de unidades processadoras de açúcar e álcool desde o estado do Rio Grande do Norte até o Paraná, uma distância de 3000 km em linha reta (CONAB, 2013). Sua distribuição, contudo, é irregular, estando presente, em maior grau de concentração, em determinadas regiões e/ou estados.

De acordo com a União dos Produtores de Bioenergia - UDOP, existem, atualmente, 381 usinas/destilarias cadastradas junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA - UDOP, 2016). A distribuição das usinas e destilarias no Brasil pode ser vista na Tabela 1.

Tabela 1 - Número de usinas/destilarias no Brasil por região e estado

Região/Estado	Número de Usinas/Destilarias	Participação Relativa (%)
Norte	5	1,31%
Acre	1	0,26%
Amazonas	1	0,26%
Pará	1	0,26%
Rondônia	1	0,26%
Tocantins	1	0,26%
Nordeste	66	17,32%
Alagoas	21	5,51%
Bahia	5	1,31%
Ceará	1	0,26%
Maranhão	5	1,31%
Paraíba	8	2,10%
Pernambuco	18	4,72%
Piauí	1	0,26%
Rio Grande do Norte	2	0,52%
Sergipe	5	1,31%
Centro-Oeste	72	18,90%
Goiás	39	10,24%
Mato Grosso	10	2,62%
Mato Grosso do Sul	23	6,04%
Sudeste	209	54,86%
Espírito Santo	5	1,31%
Minas Gerais	38	9,97%
Rio de Janeiro	3	0,79%
São Paulo	163	42,78%
Sul	29	7,61%
Paraná	28	7,35%
Rio Grande do Sul	1	0,26%
Brasil	381	100,00%

Fonte: Adaptado de Meurer e Shikida (2014), UDOP (2016)

Nota-se, a partir da Tabela 1, que a Região Sudeste concentra a maior parte das Usinas e Destilarias do Brasil, 54,86% do total, sendo o Estado de São Paulo aquele que abriga o maior número de usinas. Em segundo lugar fica a Região Centro-Oeste, com 18,9% do total, com destaque para os estados de Goiás e Mato Grosso do Sul. Atrás da Região Centro-Oeste figura a Região Nordeste, com 17,32% do total de Usinas/Destilarias, concentradas, principalmente, nos estados de Alagoas e Pernambuco. Em seguida surgem as Regiões Sul e Norte, que contam com, respectivamente, 7,61% e 1,31% do total de Usinas/Destilarias do país (UDOP, 2016).

Naturalmente, a distribuição de produção de cana-de-açúcar no país por região assemelha-se à ordem averiguada para as Usinas/Destilarias. Como indica WWF Brasil (2008), os custos de transportes da cana crua para as usinas impõem que as áreas produtoras devam ficar em um raio máximo de 80 km das indústrias.

Para a safra 2014/15, a região Sudeste apresentou a maior produção de cana-de-açúcar (405,9 milhões de toneladas), seguida pelas regiões Centro-Oeste (126,31 milhões de toneladas), Nordeste (55,67 milhões de toneladas), Sul (43,18 milhões de toneladas) e Norte (3,72 milhões de toneladas) (CONAB, 2016).

Na região Sudeste, a produção é liderada por São Paulo, estado responsável por 84,23% da produção canavieira da região, o que equivale a 341,59 milhões de toneladas. Em segundo lugar figura Minas Gerais, com produção de 59,53 milhões de toneladas, 14,88% do total regional; Espírito Santo e Rio de Janeiro produzem, unidos, pouco menos de 5 milhões de toneladas de cana (CONAB, 2016).

Ainda de acordo com a CONAB (2016), no Centro-Oeste, Goiás é o principal produtor de cana-de-açúcar, tendo sido responsável, na safra 2014/15, por 52,51% da produção regional, seguido por Mato Grosso do Sul (34,02%) e Mato Grosso (13,47%); na região Nordeste, a produção canavieira concentra-se, principalmente, em Alagoas (40,28%), Pernambuco (26,46%) e Paraíba (11,33%).

Quanto à produtividade, a região Norte apresentou, na safra 2014/15, produção média de 78,12 t/ha, a maior do país; a região Sudeste obteve produtividade de 72,57 t/ha, seguida da região Centro-Oeste, com 72,24 t/ha, e Sul (67,86 t/ha); a região Nordeste apresentou, comparativamente, a pior produtividade do país, 56,86 t/ha (CONAB, 2016).

2.2 Expansão da cana-de-açúcar

A análise da evolução da participação da produção de cana-de-açúcar para os principais estados produtores permite a verificação de que houve, nas últimas décadas, uma expansão da cultura canavieira para outras regiões que não as tradicionais, sobretudo no Centro-Oeste brasileiro (Tabela 2).

Tabela 2 – Participação e taxa anual média geométrica de crescimento (TGC) da produção de cana-de-açúcar por estado no total nacional: safras 1980/1981 a 2012/2013

Estados	Participação da produção de cana-de-açúcar no total nacional			TGC no período
	1980/1981 a 1990/1991	1991/1992 a 2000/2001	2001/2002 a 2012/2013	
GO	1,58%	2,51%	5,56%	15,16%
MT	0,79%	2,60%	2,94%	13,42%
MS	1,24%	1,96%	3,86%	8,97%
PI	0,11%	0,12%	0,14%	8,82%
MA	0,28%	0,24%	0,38%	7,35%
PR	4,77%	7,01%	7,42%	7,05%
PA	0,08%	0,10%	0,12%	6,98%
MG	4,66%	4,01%	7,26%	6,83%
SP	53,77%	61,20%	59,11%	5,49%
ES	0,83%	0,73%	0,76%	4,83%
BA	0,61%	0,71%	0,51%	4,14%
PB	2,15%	1,45%	1,13%	2,47%
RN	1,19%	0,85%	0,57%	1,86%
SE	0,77%	0,35%	0,35%	1,37%
AL	11,68%	7,87%	5,51%	1,20%
PE	11,02%	6,14%	3,46%	0,67%
RJ	3,91%	1,96%	0,76%	-3,39%
CE	0,31%	0,11%	0,02%	-8,86%
Centro-Sul	71,81%	82,04%	87,68%	5,97%
Norte-Nordeste	28,19%	17,96%	12,32%	0,95%
Brasil				4,95%

Fonte: Cardoso e Shikida (2014)

De acordo com a Tabela 2, constata-se que, de fato, entre as safras de 2001/2002 e 2012/2013, São Paulo foi o maior produtor nacional de cana-de-açúcar, responsável por 59,11% do total produzido no país. Contudo, foram os estados pertencentes à região Centro-Oeste que apresentaram maior crescimento de produção canavieira entre as safras 1980/81 e 2012/13, como aponta a Taxa Geométrica de Crescimento (TGC).

Com efeito, Goiás lidera o crescimento da produção de cana-de-açúcar no período, com TGC de 15,16% ao ano, seguido de Mato Grosso (13,42%) e Mato Grosso do Sul (8,97%), taxas consideravelmente maiores que a média nacional, de 4,95%. Destaca-se ainda que em nove estados brasileiros a TGC foi menor que a média nacional (CARDOSO; SHIKIDA, 2014).

A expansão da atividade canavieira na região Centro-Oeste tem como origem, como sugere Andrade (1994), o Proálcool, que possibilitou o financiamento de novas usinas e

destilarias no país, visando à produção de álcool. Nesse contexto, a região Centro-Oeste foi beneficiada com o investimento de capitais canavieiros de regiões tradicionais, como São Paulo e Nordeste.

Não obstante, diversos são os fatores que colaboraram para a expressiva expansão ocorrida no Centro-Oeste nas últimas décadas. Conforme destacado por Vian (2003) e Vian e Moraes (2005), na região central do país, que possui topografia plana e clima adequado à produção canavieira, a cana-de-açúcar poderia apresentar alta produtividade. Além disso, a presença de grandes unidades produtivas e topografia adequada desoneram despesas com operações agrícolas, a exemplo da colheita mecanizada (SHIKIDA, 2013).

Em estudo sobre a expansão do complexo agroindustrial canavieiro, WWF Brasil (2008) sustenta que, além de declividade baixa e possibilidade de correção dos solos pouco férteis, a tradição regional na atividade agropecuária é outro fator importante para a expansão canavieira no Centro-Oeste.

Frente à elevação dos custos da terra e a saturação de áreas tradicionais, as novas unidades industriais passaram a ser instaladas em regiões antes ocupadas por pastagens ou soja, sobretudo no Triângulo Mineiro, Sul de Goiás e Sudeste de Mato Grosso do Sul (BIOETANOL, 2008). Pelo fato de serem essas regiões contíguas às tradicionais regiões produtoras de cana-de-açúcar, elas permitem a implantação de sistemas de produção similares.

Ainda de acordo com Shikida (2013), a saturação de áreas tradicionais no cultivo da cana-de-açúcar, além dos elevados custos com a terra, como é o caso de São Paulo, aliada à decadência de outra tradicional região produtora, o Nordeste, foram fatores propulsores da expansão canavieira para o Centro-Oeste.

Como destacado por Centenaro (2012), outro fator de expansão do setor sucroalcooleiro para a região Centro-Oeste é a perspectiva de melhorias no sistema logístico, com a possibilidade de instalação de um alcoolduto que ligaria a região ao porto de Paranaguá-PR, além de projetos ferroviários, garantindo assim uma alternativa ao transporte rodoviário e, conseqüentemente, o escoamento da produção a um preço mais competitivo.

Ainda de acordo com o autor, mesmo no caso de um custo logístico elevado, a produção de cana-de-açúcar na região é viabilizada pelo custo da terra, comparativamente menor ao de regiões tradicionais no estado de São Paulo (CENTENARO, 2012).

Em outro estudo, Siqueira (2013) sustenta que fatores como disponibilidade e produtividade da cana-de-açúcar, acesso à energia elétrica, taxa de analfabetismo e

rendimento médio da população, figuram como atrativos para a instalação de unidades produtivas em municípios em Goiás, Minas Gerais, Paraná e São Paulo.

Sob a ótica da demanda, o crescimento da agroindústria canavieira foi também motivado pela busca por segurança alimentar e energética, que encontra na cana-de-açúcar importante fonte de alimento (açúcar) e de combustível (etanol).

Nesse sentido, a expansão do setor sucroalcooleiro na última década ocorreu não só para atender as crescentes exportações de açúcar, mas também visando ao aumento do consumo interno de etanol, influenciado em grande parte pelo lançamento do carro *flex fuel* em 2003 (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA, 2010). Essa tecnologia permite tanto o uso da gasolina quanto do etanol ou de uma mistura de ambos.

De fato, conforme apontam os dados da União da Indústria de Cana-de-Açúcar - UNICA (2016b) houve, nos últimos anos, um grande crescimento da frota de veículos *flex fuel* no país. Em 2013, essa frota era constituída por nada menos que 20,7 milhões de veículos, número muito superior comparado ao de 2006, quando a frota flex nacional somava 2,6 milhões de veículos.

Quanto ao potencial de expansão canavieira no Brasil, lançando mão do chamado zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar (ZAE cana) é possível verificar a possibilidade da expansão da cana-de-açúcar em território nacional. Como destacado por Manzatto et al. (2009), esse estudo considera, além de características como clima e solo, questões ambientais, sociais e econômicas para orientar a expansão sustentável da cana-de-açúcar, bem como direcionar investimentos no setor sucroalcooleiro.

O ZAE cana orienta a expansão da cultura da cana-de-açúcar em 64,7 milhões de hectares (7,5% do território nacional), classificando a aptidão das áreas em alta (preferencial – áreas que possuem clima e solo adequados à produção de cana), média – (regular – áreas onde o clima ou o solo é pouco adequado à produção de cana) e baixa (marginal – áreas onde o clima e o solo apresentam características pouco favoráveis à produção de cana). O estudo ainda classifica as áreas aptas ao cultivo da cana-de-açúcar quanto ao seu uso atual: áreas com uso em pecuária, agricultura ou agropecuária (BRASIL, 2009).

A Tabela 3, extraída de Shikida (2013), exhibe a área total dos principais estados produtores de cana do país, bem como a área antropizada (área ocupada pelo homem ou alterada por sua ação, utilizada para culturas, pastos e outros usos) apta para a expansão da cana-de-açúcar em cada localidade.

Tabela 3 - Área total e área antropizada apta para a expansão da cana dos principais estados produtores de cana do Brasil

Estado	Área Total do Estado (ha)	Área Antropizada apta para a expansão da cana (ha)
Goiás	34.008.669	12.600.530
Minas Gerais	58.652.829	11.250.202
Mato Grosso do Sul	35.712.496	10.869.820
São Paulo	24.820.942	10.645.484
Mato Grosso	90.335.790	6.812.854
Paraná	19.931.485	4.039.496
Maranhão	33.198.329	789.547
Alagoas	2.776.766	450.537
Pernambuco	9.831.161	205.157

Fonte: Shikida (2013)

É notável a potencialidade para a expansão da produção canavieira exibida pelos estados de Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. O zoneamento agroecológico aponta área de aproximadamente 35 milhões de hectares apta para a cultura canavieira na região, equivalente a aproximadamente 60% da área antropizada total com possibilidade de expansão da cana-de-açúcar no país. Por outro lado, a região Norte-Nordeste possui, comparativamente, um potencial baixo de expansão da cana-de-açúcar. A Tabela 4 exibe a classificação de áreas aptas à cultura da cana-de-açúcar para os estados de Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul.

Tabela 4 - Classificação de áreas aptas à cultura da cana-de-açúcar em Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul

Classes de Aptidão	GO	MG	MS	Total por Classe
Alta	1.003.980,23	1.201.186,37	6.207.170,09	8.412.336,69
Média	11.596.550,58	9.899.635,26	2.497.795,72	23.993.981,56
Baixa	-	149.380,56	2.164.855,11	2.314.235,67
Total por Estado	12.600.530,81	11.250.202,19	10.869.820,92	34.720.553,92

Fonte: Elaborada a partir de Brasil (2009)

Cabe salientar que, embora Goiás apresente área total maior de aptidão para a cultura canavieira, Mato Grosso do Sul detém, comparativamente, maior área classificada como de alta aptidão: são 6,2 milhões de hectares de alta aptidão, ao passo que Goiás conta com aproximadamente 1 milhão de hectares, e Minas Gerais 1,2 milhão de hectares.

Essas informações suportam, portanto, a escolha das regiões alvo do presente estudo, a saber: Goiatuba/GO, Maracaju/MS e Uberaba/MG.

2.3 Crise e perspectivas para o setor

O início da década de 2000 foi particularmente auspicioso para o setor sucroalcooleiro brasileiro. O lançamento da tecnologia *flex fuel* em 2003 permitiu uma rápida expansão da demanda interna por etanol, conforme discutido anteriormente. Associado a isso, a busca por fontes mais limpas de energia, inseridas no contexto ambiental, calcaram perspectivas extremamente positivas para o setor, que apresentou taxas de crescimento superiores a 10% ao ano, até meados de 2008 (RODRIGUES; ZECHIN; PINHEIRO, 2014).

Entretanto, a crise financeira de 2008 veio cercear o avanço do setor sucroalcooleiro nacional. A escassez de recursos externos e manutenção de altas taxas de juros associada a um cenário de preços pouco remuneradores culminou em um nível de endividamento insustentável para diversas empresas do setor, desencadeando um processo de encerramento de atividades em diversas unidades industriais, bem como uma consolidação envolvendo cerca de um terço das empresas do setor (RODRIGUES; ZECHIN; PINHEIRO, 2014).

Arelado ao quadro de crise internacional, o endividamento do setor teve como consequência a diminuição de renovação da lavoura canavieira, acarretando em um processo de envelhecimento dos canaviais e, conseqüentemente, em perda de produtividade. Soma-se a esse quadro a ocorrência de crises hídricas, aumento da incidência de pragas e doenças, além de perda de produtividade associada à adoção da tecnologia de colheita mecanizada, ao longo de todo o período considerado (RODRIGUES; ZECHIN; PINHEIRO, 2014; CNA, 2015).

Além dos aspectos conjunturais apresentados, Rodrigues, Zechin e Pinheiro (2014) destacam problemas de ordem intrínseca vivenciados pelo setor, quais sejam: o aumento dos custos de produção, resultado da elevação dos insumos e dos fatores de produção, e a manutenção dos preços da gasolina, através da política adotada nas refinarias, associada à alterações de ordem tributária de modo a evitar aumento de preço do produto para o consumidor final. Desse modo, desenhou-se em linhas gerais a atual situação de crise vivenciada pelo setor sucroalcooleiro nacional.

No que concerne às perspectivas para o setor sucroalcooleiro brasileiro, o MAPA sugere que, entre as safras 2014/2015 e 2024/2025, a produção brasileira de açúcar deverá

crescer a uma taxa média de 3,1% ao ano, perfazendo um total de 37,1% de produção ao final do período considerado; estima-se que o consumo de açúcar crescerá a uma taxa anual de 2,3%, resultando em um crescimento de 26,5% no período enquanto as exportações deverão apresentar um aumento de 44,2% no período (BRASIL, 2015). A Tabela 5 apresenta a evolução da produção, consumo e exportação de açúcar safra a safra para o período 2014/15 – 2024/25.

Tabela 5 - Projeções para a produção, consumo e exportação brasileira de açúcar no decênio 2014/15-2024/25

Ano	Produção		Consumo		Exportação	
	Projeção	Lsup.	Projeção	Lsup.	Projeção	Lsup.
2014/2015	34.406		12.261		24.127	
2015/2016	36.486	40.861	12.694	14.300	25.879	30.706
2016/2017	37.523	43.177	12.963	14.881	26.745	32.628
2017/2018	38.756	45.523	13.299	15.442	27.773	34.805
2018/2019	39.953	47.663	13.607	15.970	28.772	36.696
2019/2020	41.156	49.707	13.927	16.485	29.776	38.535
2020/2021	42.358	51.675	14.242	16.983	30.779	40.287
2021/2022	43.560	53.584	14.559	17.471	31.782	41.990
2022/2023	44.762	55.447	14.875	17.949	32.786	43.645
2023/2024	45.964	57.271	15.192	18.419	33.789	45.265
2024/2025	47.166	59.063	15.508	18.881	34.792	46.852

Fonte: Brasil (2015)

Quanto ao etanol carburante, projeção realizada pela Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE) aponta para uma taxa de crescimento da demanda interna de etanol hidratado de 6,8% ao ano no período 2014-2024, enquanto a demanda interna de etanol anidro deverá crescer a uma taxa de 1,9% ao ano no mesmo período (EPE, 2015). Assim, a demanda interna total de etanol hidratado deverá passar de 14 bilhões de litros em 2014 para 27 bilhões de litros em 2024, enquanto a demanda interna por etanol anidro deve passar de 11 bilhões para 13 bilhões no período.

Com relação ao mercado internacional, EPE prevê, para o próximo decênio, tendência de redução de incentivos à produção de biocombustíveis de primeira geração, além de pequenos volumes exportados, em parte devido ao adiamento das metas de uso de biocombustíveis realizadas por diversos países, frente à crise financeira internacional e o crescente protecionismo mercantil (EPE, 2015). A Figura 1 apresenta as demandas nacional e internacional para o próximo decênio.

Figura 1 - Projeção da demanda total de etanol – 2014 a 2024

Fonte: EPE (2015)

Para a lavoura canavieira, espera-se, para o próximo decênio, uma melhoria tanto na produtividade quanto na qualidade da cana-de-açúcar colhida; de fato, o estudo prevê que a produtividade média do canavial sairá de 70,5 t/ha em 2014 para 85,3 t/ha em 2024, enquanto o rendimento de ATR passará de 136,9 kg ATR/tc para 142,8 kg de ATR/tc no mesmo período. Por fim, espera-se um crescimento de 0,9% a.a. para a área colhida de cana-de-açúcar, fazendo com que a mesma evolua de 9,1 milhões de ha para 9,9 milhões de ha ao fim do decênio, ou seja, o aumento da demanda por etanol e açúcar será atendido, principalmente, através da recuperação dos canaviais, em detrimento à relativamente baixa expansão da lavoura no período (Figura 2) (EPE, 2015).

Figura 2 - Área colhida e produtividade do setor sucroenergético brasileiro – 2014 a 2024

Fonte: Brasil (2015)

Entretanto, o MAPA aponta para uma direção diferente, estimando que a área ocupada com lavoura de cana-de-açúcar deverá apresentar expansão de 2,3 milhões de hectares até a safra 2024/2025, o que representa variação de 25,4% de área, expansão inferior apenas àquela esperada para a cultura da soja (BRASIL, 2015).

Ainda de acordo com o MAPA, a produção canavieira deverá apresentar incremento em todos os estados considerados (GO, MG, PR, MT e SP), através tanto de expansão para outras áreas de cultivo e pastagens, como também através de ganhos de produtividade. De acordo com o estudo, enquanto em Minas Gerais e Goiás o aumento de produção deverá acontecer, principalmente, através do aumento de produtividade, nos demais estados o fator determinante indicado é a expansão de área cultivada (BRASIL, 2015). A Tabela 6 apresenta a evolução de produção e área plantada esperada para os estados no período considerado.

Tabela 6 - Projeção de produção e área plantada para os estados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Paraná e São Paulo – 2014/15 a 2024/25

Estados	Produção (mil t)			Área Plantada (mil ha)		
	2014/2015	2024/2025	Var (%)	2014/2015	2024/2025	Var (%)
Goiás	61.092	83.005	35,9	791	1.064	34,4
Minas Gerais	70.575	92.752	31,4	925	1.201	29,8
Mato Grosso	20.332	26.592	30,8	293	397	35,5
Paraná	50.769	67.351	32,7	696	925	32,9
São Paulo	343.345	423.937	23,5	4.686	5.882	25,5

Fonte: Brasil (2015)

Quanto às instalações industriais, acompanhando a perspectiva de crescimento da demanda de açúcar e etanol, estima-se a construção de doze novas unidades de processamento ao longo dos próximos dez anos (EPE, 2015).

Por fim, cumpre ressaltar o potencial para geração de energia elétrica a partir da biomassa da cana-de-açúcar (bagaço, palhas e pontas). De acordo com EPE (2015), tomando-se como base o histórico do setor, a exportação de eletricidade ao Sistema Integrado Nacional (SIN) prevista para 2024 é de 3,7GW_{méd}, valor 60,9 % superior aos atuais 2,3GW_{méd}, mas ainda muito inferior ao potencial técnico de exportação, avaliada em 7,1 GW_{méd}.

2.4 Teoria das Opções Reais

2.4.1 Conceitos

Conquanto a teoria de opções reais tenha sido desenvolvida a partir das chamadas opções financeiras, o estabelecimento dos liames entre a esfera dos ativos financeiros e reais suscita, antes de qualquer coisa, breve explanação acerca daquilo que se convencionou chamar opção financeira.

Uma opção financeira é, por definição, o direito, mas não a obrigação, de comprar ou vender determinado ativo por um valor (preço de exercício) em uma data, ou até uma data futura pré-estabelecida. Primordialmente, as opções financeiras podem ser classificadas como americanas ou europeias; enquanto as opções americanas podem ser exercidas a qualquer momento até a data de vencimento de sua validade, as opções europeias só podem ser exercidas na data de vencimento.

As opções são classificadas, também, de acordo com o direito que atribuem ao seu detentor: opção de compra (*call*) e opção de venda (*put*). Ainda, para cada opção há duas posições possíveis, a posição comprada (*long*) e a posição vendida (*short*). Desse modo, definem-se quatro cenários distintos associados às opções e suas posições:

- Posição comprada de uma opção de compra (*long in a call*): o detentor dessa opção exercerá o direito de comprar determinado ativo caso o preço do ativo-objeto (S_t) supere o preço de exercício (X) em determinada data;
- Posição vendida de uma opção de compra (*short in a call*): contrariamente àquele que está em posição comprada de uma opção de compra, o indivíduo que está em posição vendida de uma opção de compra espera que o preço de exercício seja superior ao preço do ativo-objeto, pois, caso contrário o comprador exercerá seu direito de compra e o payoff de quem está vendido será negativo;
- Posição comprada de uma opção de venda (*long in a put*): o detentor dessa opção exercerá o direito de vender determinado ativo caso o preço de exercício (X) seja superior ao preço do ativo-objeto (S_t) em determinada data;
- Posição vendida de uma opção de venda (*short in a put*): contrariamente àquele que está em posição comprada de uma opção de venda, o indivíduo que está em posição vendida de uma opção de venda espera que o preço do ativo-objeto seja superior ao preço de exercício, pois, caso contrário, o comprador da opção de venda exercerá seu direito e o payoff de quem vendido será negativo (COSTA; COSTA; ALVIM, 2010).

Em 1973, Fischer Black e Myron Scholes apresentam metodologia que se presta a precificar opções de compra do tipo europeia, o chamado modelo de Black-Scholes (BLACK; SCHOLES, 1973). Tal modelo pode ser utilizado para precificação de opções de compra e venda europeias quando o ativo não paga dividendos.

A seguir, são exibidas as fórmulas de precificação de opções de compra e venda europeia de ações sem dividendos:

$$\text{Opção de compra} = SN(d_1) - Xe^{-rT}N(d_2) \quad (1)$$

$$\text{Opção de venda} = Xe^{-rT}N(-d_2) - SN(-d_1) \quad (2)$$

onde:

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r + \frac{\delta^2}{2}\right)T}{\delta\sqrt{T}} \quad (3)$$

$$d_2 = d_1 - \delta\sqrt{T} \quad (4)$$

sendo:

S = preço corrente (atual) do ativo-objeto;

N(d) = probabilidade de uma variável aleatória, considerando uma distribuição normal padronizada, apresentar um valor menor ou igual a d. É a probabilidade acumulada de d;

E = preço do exercício da opção;

R = taxa livre de risco (*risk free*), formada por capitalização contínua;

T = tempo para o vencimento da opção;

δ = volatilidade do preço da ação, expressa ao ano;

N(X) = função de distribuição normal acumulada padronizada.

Assim, como destacado por Assaf Neto (2012), o valor de uma opção obtido através do modelo Black Scholes depende de cinco variáveis: preço atual de mercado do ativo-objeto (S), preço de exercício da opção (E), prazo de vencimento da opção (t), variância do ativo-objeto (δ^2) e taxa de juro livre de risco (risk free) (r).

Desdobrando-se do método Black-Scholes, Cox, Ross e Rubinstein (1979) desenvolveram um modelo binomial para tempo discreto, tendo como vantagem, comparativamente ao modelo Black-Scholes, dispensar o uso de matemática avançada, tornando a aplicação do estudo mais simples e intuitiva, além de prescindir da utilização de softwares sofisticados, tornando-o bastante utilizado em análises de opções reais (COPELAND; ANTIKAROV, 2002).

Quanto à definição de opção real, tal qual uma opção financeira é o direito, mas não a obrigação de compra ou venda de determinado ativo-objeto a um preço de exercício pré-estabelecido, a opção real é, de acordo com Copeland e Antikarov (2002), um direito, mas não uma obrigação, de realizar uma ação a um custo determinado, o preço de exercício, por um período pré-estabelecido, a vida da opção. Ainda de acordo com os autores, as opções reais, semelhantemente às opções financeiras, dependem fundamentalmente de cinco variáveis básicas, descritas a seguir:

- Valor do ativo subjacente sujeito a risco: refere-se, no campo das opções reais, a um projeto, investimento ou aquisição, a depender da opção analisada; diferentemente das opções financeiras, o valor do ativo subjacente sujeito a risco pode ser alterado de acordo com ações por parte do investidor;
- Preço de exercício refere-se ao montante investido para exercer a opção; em caso de “compra” do projeto é o montante investido, enquanto em caso de “venda” do projeto é o montante recebido;
- Prazo de vencimento da opção: referente ao prazo de expiração da opção; quanto maior o prazo de expiração, maior o valor da opção;
- Desvio padrão do valor do ativo subjacente sujeito a risco: quanto maior o desvio-padrão de um ativo subjacente sujeito a risco, maior será a diferença entre o valor do mesmo e o preço de exercício ao longo da árvore binomial e, por conseguinte, maior será o preço da opção;
- Taxa de juros livre de risco ao longo da vida da opção: o valor da opção aumenta à medida que a taxa de juros livre de risco aumenta (COPELAND; ANTIKAROV, 2002).

O desenvolvimento da teoria de opções reais traz consigo importante complemento à avaliação tradicional de projetos, uma vez que esta, alicerçada na obtenção do VPL a partir do fluxo de caixa descontado como principal indicador de viabilidade financeira, revela inconvenientes para a correta análise de um projeto (DIXIT; PINDYCK, 1994; TRIGEORGIS, 1996, COPELAND; ANTIKAROV, 2002).

Primeiro, por considerar que o investimento deve ser feito imediatamente, assumindo uma escolha do tipo “agora ou nunca”, acaba por excluir a alternativa de postergar o investimento, comum à maior parte dos projetos e que, indubitavelmente, altera o valor tradicional do mesmo (DIXIT; PINDYCK, 1994).

Não obstante, sob a ótica do fluxo de caixa descontado, o cenário futuro é considerado estático, ou seja, assume-se um compromisso com informações projetadas para o futuro com base em informações disponíveis no presente. Assim, como sugerem Costa, Costa e Alvim (2010) a decisão de investimentos com base exclusivamente na análise tradicional de projetos caracteriza-se como um compromisso estático com um cenário igualmente estático.

Sabe-se, contudo, que ao longo da vida útil de um projeto, diversas são as alterações passíveis de serem realizadas, frente às novas informações obtidas ao longo do tempo. Ao

passo em que vão se delineando novos cenários, um projeto antes inviável economicamente pode tornar-se viável, e a opção de adiar o mesmo deve ser contemplada na sua análise. Nesse sentido, o método tradicional de avaliação de projetos falha ao não incorporar a flexibilidade gerencial inerente a projetos (TRIGEORGIS, 1996).

O contrário também é válido, ou seja, um projeto antes considerado viável pode, frente a novas informações, tornar-se inviável e, nesse caso, poderia se optar pelo abandono do mesmo. Tal como defendido por Amran e Kulatilaka (2000), esse ambiente de incertezas cria oportunidades, uma vez que decisões tomadas pela gerência ao longo da vida útil de um projeto agregam valor ao mesmo.

Assim, como sugere Costa, Costa e Alvim (2010), as opções reais caracterizam-se como importante ferramental na avaliação de projetos, uma vez que, através de sua utilização, é possível considerar o projeto como um conjunto de opções tomadas ao longo do tempo que tem como ativo objeto o valor do projeto. Ainda de acordo com os autores, essa abordagem torna possível a quantificação do valor advindo da flexibilidade gerencial e adaptabilidade estratégica inerente ao projeto, ao longo de sua vida útil. Nesse sentido, a teoria de opções reais busca incorporar a flexibilidade gerencial inerente à condução de projetos na avaliação dos mesmos (COSTA; COSTA; ALVIM, 2010).

2.4.2 Tipos de opções

As opções reais podem ser classificadas de acordo com o tipo de flexibilidade que oferecem. A seguir, encontram-se definidas, em linhas gerais, algumas das principais opções consideradas na avaliação de projetos:

2.4.2.1 Opção de abandono

Caso as condições de mercado pioressem ao longo do tempo, de modo a afetar o resultado do projeto, o mesmo pode ser encerrado, ou seja, as operações são interrompidas e os ativos liquidados, minimizando perdas, uma vez que os fluxos futuros que iriam trazer prejuízo ao projeto são interrompidos; nesse caso, um projeto dotado da possibilidade de abandono vale mais do que um projeto sem tal flexibilidade (TRIGEORGIS, 1996; COPELAND; ANTIKAROV, 2002; DE ZEN, 2005).

2.4.2.2 Opção de adiamento

Considerando as condições iniciais, bem como as expectativas acerca das principais variáveis de um projeto, existe a opção de adiar o investimento, a fim de angariar novas informações que gerem subsídios para a decisão de investir; assim, se o VPL do cenário de investimento imediato for inferior ao VPL de adiar e investir no(s) período(s) seguinte(s), a opção de adiamento agrega valor ao projeto (TRIGEORGIS, 1996; COPELAND; ANTIKAROV, 2002; DE ZEN, 2005).

2.4.2.3 Opção de alteração de escala

Caso as condições de mercado superem as expectativas iniciais, pode ser interessante expandir as operações de um projeto, mediante utilização do excesso de capacidade e/ou novos investimentos. Contrariamente à ideia da opção de expansão, caso as condições de mercado se mostrem piores, comparativamente às expectativas iniciais, uma estratégia a ser adotada é a redução de escala do projeto, evitando despesas futuras através da contração das operações (TRIGEORGIS, 1996; COPELAND; ANTIKAROV, 2002; DE ZEN, 2005).

2.4.2.4 Opção de investimento por estágios

A possibilidade do investimento no projeto ser realizado gradualmente cria a possibilidade de abandono do mesmo antes de sua conclusão em caso de necessidade (TRIGEORGIS, 1996; DE ZEN, 2005).

2.4.2.5 Opção de mudanças de uso (inputs e outputs)

Ao passo que novas informações tornam-se conhecidas, pode-se alterar tanto o produto final desenvolvido quanto, na medida do possível, utilizar insumos alternativos ao longo do processo produtivo (TRIGEORGIS, 1996; DE ZEN, 2005).

2.4.2.6 Opções múltiplas

Evidentemente, um projeto, ao longo de sua existência, depara-se com uma gama de opções possíveis, tanto em períodos distintos quanto simultaneamente no mesmo período; a combinação entre elas gera um valor agregado que, normalmente, difere do valor obtido a

partir da análise de cada opção isolada, uma vez que as opções interagem entre si (TRIGEORGIS, 1996; COPELAND; ANTIKAROV, 2002; DE ZEN, 2005).

2.4.3 Aplicações da Teoria de Opções Reais

Quanto à aplicação da teoria de opções reais, uma visita à literatura permite averiguar a utilização da teoria de opções reais em diversos setores, tais como farmacêutico, de infraestrutura, petrolífero, minerador e de agronegócio.

McGrath e Nerkar (2004) analisaram decisões de investimento em um período de 17 anos no setor farmacêutico, buscando identificar consistência entre os investimentos realizados e a teoria de opções reais, concluindo que, explicita ou implicitamente, os tomadores de decisões dessa indústria consideram a teoria em questão para a realização de investimento.

Hartman e Hassan (2006) em estudo acerca da utilização da teoria de opções reais pela indústria farmacêutica concluíram que, ainda que de maneira incipiente, essa metodologia tem sido usada como um complemento no conjunto de avaliação aplicada pelo setor; ainda, destacaram que a metodologia tem ganhado espaço no setor, uma vez que seu emprego fornece uma visão mais completa do projeto sem, no entanto, alterar os métodos utilizados tradicionalmente.

No setor petrolífero, Xu et al. (2012) conduziram estudo aplicando, através do modelo binomial, a teoria de opções reais para avaliação e tomada de decisão tanto para a exploração de petróleo quanto para a produção de derivados de petróleo em condição de incerteza do preço do petróleo. Os resultados possibilitaram uma melhor avaliação acerca da tomada de decisão da tecnologia a ser utilizada para a exploração de petróleo, bem como para a escolha de quais derivados deveriam ser produzidos através do refino do petróleo.

Saito, Schiozer e Castro (2000) utilizaram as opções reais de forma a incluir a flexibilidade gerencial na avaliação de reservatórios de petróleo, destacando a vantagem dessa metodologia em considerar questões operacionais de engenharia de petróleo na análise. Segundo os autores, a metodologia empregada agregou valor aos reservatórios em até 25%, comparativamente às metodologias tradicionais de avaliação de projetos.

Moel e Tufano (2002) estudaram a opção de abertura e fechamento de minas de ouro. Para a pesquisa, foram utilizados dados sobre decisões de abertura e fechamento de 285 minas

de ouro localizadas no continente norte-americano, referentes ao período 1988-1997; os resultados indicaram que a abertura de uma mina está alicerçada tanto em fatores externos, tais como volatilidade do preço do ouro e taxa de juros, bem como em fatores específicos, a exemplo dos custos fixos e variáveis da mina, além da dimensão de sua reserva. Não obstante, os resultados forneceram forte apoio acerca da utilidade das opções reais como modelo para previsão de abertura e fechamento desse tipo de empreendimento.

Pessoa (2006) abordou a teoria de opções reais na avaliação de projetos na indústria de mineração de ferro. Dada facilidade de resolução em softwares disponíveis no mercado, bem como a forma mais intuitiva de apresentação da análise, o autor optou por utilizar o modelo binomial no estudo, concluindo que as opções reais são passíveis de implementação na avaliação de projetos dessa natureza.

Em estudo sobre energia eólica, Pantoja (2013) aplicou as opções reais em uma avaliação de planta eólica em condição de incerteza, através da flexibilização do mecanismo de venda da energia elétrica gerada. Os resultados indicaram agregação de valor ao projeto, quando comparados à metodologia tradicional.

Salvador (2013) trabalhou com a precificação de terra agrícola no centro-oeste do Brasil considerando tanto o método de fluxo de caixa descontado quanto o método das opções reais. No primeiro caso, assumiu que o produtor rural optaria por produzir milho, soja ou consórcio soja e milho safrinha no início do projeto, mantendo a mesma cultura em campo até o término do mesmo; para o método de opções reais, o autor considerou a flexibilidade gerencial de o produtor escolher, a cada safra, qual cultura plantar. Como resultado, ambas as metodologias obtiveram um valor para a terra próximo ao valor de mercado; contudo, o valor da terra obtido através das opções reais apresentou incremento de aproximadamente 11%, comparativamente ao método de fluxo de caixa descontado.

Cardoso (2007) utilizou modelo com base em opções reais para determinar preços de gatilho para investir e abandonar uma lavoura de café, considerando preço do produto e custos de formação, manutenção e abandono da lavoura, concluindo ser o modelo de opções reais superior à metodologia tradicional de avaliação de projetos no que concerne à determinação dos pontos de entrada e saída da cultura do café.

Joaquim et al. (2015) utilizaram modelo binomial considerando opções compostas com decisão de abandono em uma análise de investimento em sistemas agroflorestais.

Comparando os valores encontrados a partir da análise tradicional de projetos com os resultados obtidos através da aplicação do modelo binomial concluiu-se que o VPL tradicional superestimou a viabilidade do projeto, sendo mais viável a opção de abandono.

Em estudo de gerenciamento de investimento na indústria de carnes, De Zen (2005) mostrou, através das opções reais, que a flexibilidade gerencial de poder gerenciar o risco de mercado através de uma estratégia de hedge gerou valor para o projeto.

Objetivando determinar o melhor momento para uma usina de cana-de-açúcar investir em uma unidade de cogeração de energia elétrica, Tatoní (2012) lançou mão das opções reais como complemento à avaliação tradicional de projetos. O estudo foi conduzido considerando-se três portes distintos de usina, com capacidade de moagem de dois, quatro e seis milhões de toneladas/cana/ano, bem como três cenários distintos de volatilidade relacionados ao preço futuro da energia (principal variável de viabilidade do projeto), compondo, portanto, nove diferentes cenários.

Os resultados indicaram que, em caso de baixa volatilidade do preço futuro da energia, cria-se valor estar posicionado e ter a opção de investir nas três escalas de usina; em um cenário de volatilidade média do preço da energia, indica-se para o investidor as usinas de porte médio e grande para viabilização do projeto; por fim, em caso de alta volatilidade de preço da energia, existe a maior probabilidade de uma usina de grande porte viabilizar o projeto (TATONI, 2012).

Nogueira et al. (2006) analisaram a decisão de abandono de investimento em uma lavoura de café na região de Franca/SP. Para tanto, foi utilizada a teoria de opções reais, considerando as peculiaridades do ciclo produtivo da cultura. Através do modelo binomial, foi possível determinar o valor da opção de abandono e a fronteira ótima de seu exercício; ademais, realizou-se uma análise de sensibilidade para verificar a influência de variáveis do projeto no valor da opção.

Zilli (2010) utilizou a teoria de opções reais como complemento ao Valor Presente Líquido (VPL) para mensurar o valor das propriedades rurais dedicadas à produção de soja nas regiões de Carazinho/RS e Cascavel/PR. Recorrendo ao método de Monte Carlo, o autor obteve o Valor presente Esperado das propriedades, a partir do qual foi possível estabelecer o preço da terra. Para mapear a incerteza relacionada ao Valor Presente, Zilli (2010) utilizou o

modelo de Cox, Ross e Rubinstein, testando a opção de postergar a comercialização das propriedades.

Os resultados auferidos apontam que, dada a realidade produtiva de cada região e de acordo com a teoria das opções reais, a terra na região de Carazinho/RS valeria R\$ 15.993,21/ha, valor que, embora superior ao captado pela FGV (R\$ 7.331,19/ha) encontrava-se abaixo do preço declarado pelos produtores da região (R\$ 20.000,00); no caso de Cascavel/PR, o valor estimado da terra foi de R\$ 17.121,22/ha, valor superior ao apurado pela FGV, mas inferior àquele declarado pelos produtores (R\$ 14.000,00). Ou seja, possivelmente havia uma supervalorização da terra na região de Cascavel/PR, enquanto a terra na região de Carazinho/RS estaria subvalorizada.

Nardelli e Macedo (2011) propuseram-se a, através do modelo binomial, valorar a opção de adiar a implementação de um projeto agroindustrial de processamento de frutas. Após calcular o VPL do projeto, os autores, considerando o preço das matérias primas como principal fonte de incerteza do projeto, realizaram a modelagem da árvore binomial. O VPL expandido apurado pelo estudo, considerando a opção de adiamento por quatro anos da instalação do projeto, apresentou um incremento de 207% em relação ao VPL tradicional, indicando que o tratamento tradicional subestimou a riqueza gerada pelo projeto em questão.

Zilio (2014) analisou dois projetos de investimento na produção de cana-de-açúcar, em Piracicaba/SP e Sertãozinho/SP. Através do método de fluxo de caixa descontado foram apurados os VPL das regiões, a saber: R\$ 62.472,38 para Piracicaba/SP e R\$ 664.930,14 para o projeto de Sertãozinho/SP. Ao considerar a flexibilidade gerencial do investidor, através do modelo binomial, o autor obteve os VPL expandidos das regiões, ou seja, os VPL tradicionais somados aos respectivos valores das opções; nesse caso, foram apurados os VPL de R\$ 88.239,35 para Piracicaba/SP e R\$ 942.558,53 em Sertãozinho/SP, ou seja, um incremento de 41,25% e 41,75% para as regiões, respectivamente.

3 METODOLOGIA

3.1 Fonte dos dados

As informações referentes à caracterização das propriedades típicas produtoras de cana-de-açúcar nas regiões consideradas pelo presente estudo foram coletadas pelo Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas (PECEGE) através da metodologia de painel, junto à Associação dos Fornecedores de Cana Usina Bom Sucesso, Federação da Agricultura e Pecuária de Mato Grosso do Sul (Famasul) e Sindicato Rural de Uberaba. Para a definição dos sistemas de produção e investimentos em máquinas e equipamentos foram utilizados dados referentes à safra 2014/15; custos de produção foram definidos como a média dos valores (em termos reais) das safras 2012/13, 2013/14 e 2014/15; ainda, informações referentes à produtividade, expressa em tc/ha, e qualidade de matéria prima, expressa em kg ATR/tc, consideraram, para os projetos de Maracaju/MS e Uberaba/MG uma média dos resultados apurados entre as safras 2007/08 e 2014/15, enquanto para Goiatuba/GO foi considerada a média dos resultados entre as safras 2009/10 e 2014/15.

Para a apuração dos valores desembolsados com aquisição de terras foram considerados dados disponibilizados pela consultoria IEG/FNP para os anos de 2007 a 2014, através do Agrianual (2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015). No que concerne à tributação, além de informações levantadas junto aos produtores, lançou-se mão, ainda, de informações disponibilizadas pela Confederação Nacional da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) e Receita Federal do Brasil. Todos os valores monetários considerados foram deflacionados com base no IGP-DI 03/2015, considerando série disponibilizada pelo IPEA (2016).

3.2 Análise das opções reais

A realização do presente estudo toma como base a estrutura indicada por Copeland e Antikarov (2002), que sugerem uma sequência de quatro passos para a análise das opções reais, a saber:

- Passo 1: refere-se à apuração do valor presente do projeto, através do fluxo de caixa descontado; nessa etapa da análise, ainda é desconsiderada a flexibilidade gerencial, tratando-se simplesmente da avaliação tradicional de projetos;
- Passo 2: construção da chamada árvore de eventos, que toma como base a volatilidade do projeto para entender como seu valor presente evolui ao longo do tempo; a

volatilidade do projeto pode ser auferida através da combinação de muitas incertezas em uma única incerteza, por meio do método Monte Carlo, definindo assim a distribuição dos retornos do projeto;

- Passo 3: consiste na determinação das opções a serem tomadas ao longo da árvore de eventos, tornando-a, assim, uma árvore de decisões;
- Passo 4: por fim, os retornos obtidos a partir da árvore de decisões são avaliados e o valor da opção é somado ao valor presente sem flexibilidade para a apuração do novo VPL, ou VPL expandido; espera-se que, em casos de grande incerteza, a incorporação da flexibilidade gerencial resulte em um valor substancial da opção e, por conseguinte, em um incremento considerável do VPL do projeto.

As seções seguintes dedicam-se à descrição detalhada acerca da realização de cada uma das etapas elencadas acima, bem como dos procedimentos auxiliares que alicerçam a construção do modelo proposto.

3.2.1 Avaliação tradicional de projetos

3.2.1.1 Fluxo de caixa descontado

A construção do fluxo de caixa é apresentada a seguir. Detalhes sobre o procedimento de construção do fluxo de caixa podem ser obtidos junto à literatura, como em Lapponi (2007), por exemplo. Inicialmente, subtraem-se os custos operacionais à receita bruta, apurando-se o lucro operacional bruto:

$$RB - CO = LB \quad (5)$$

onde:

RB = Receita Bruta;

CO = Custos Operacionais;

LB = Lucro Operacional Bruto.

Em seguida, ao lucro operacional bruto são subtraídos os tributos e depreciação de máquinas e implementos, apurando-se o lucro antes do imposto de renda, como se segue:

$$LB - T - D = LAIR \quad (6)$$

Onde:

T = Tributos;

D = Depreciação;

LAIR = Lucro Antes do Imposto de Renda.

Descontando-se o imposto de renda do lucro antes do imposto de renda tem-se, como resultado, o lucro operacional líquido:

$$LAIR - IR = LO \quad (7)$$

Onde:

LO = Lucro Operacional Líquido

Por fim, apura-se o fluxo de caixa operacional somando-se os valores de investimento e depreciação ao lucro operacional líquido, conforme exposto abaixo:

$$LO + I + D = FCO \quad (8)$$

Onde:

I = Investimentos;

FCO = Fluxo de Caixa Operacional.

3.2.1.2 Depreciação

A depreciação, na prática, reduz os tributos incidentes sobre o lucro, uma vez que é descontado do lucro operacional bruto para apuração do lucro antes do imposto de renda, sobre o qual incide o imposto de renda. O método comumente utilizado para o cálculo da depreciação é o linear, mostrado a seguir:

$$D = \frac{VI - VF}{Z} \quad (9)$$

Onde:

VI = valor inicial do ativo;

VF = valor final do ativo;

Z = vida útil do ativo.

3.2.1.3 Taxa mínima de atratividade

Em estudo recente acerca da aplicação da teoria de opções reais à atividade canavieira, Zilio (2014) definiu a taxa mínima de atratividade a ser utilizada no desconto temporal do fluxo de caixa através da média aritmética de três análises distintas: i) aplicação de 39 questionários visando à apuração da taxa de juros requerida por agentes diretamente vinculados ao fornecimento de cana-de-açúcar no Brasil; ii) cálculo da razão entre arrendamento e preço da terra; e iii) consulta a 15 trabalhos referentes à projetos agrícolas no Brasil.

Considerando o fato de ser também o presente estudo uma aplicação das opções reais à atividade de fornecimento de cana no Brasil e, dada proximidade temporal entre as pesquisas, optou-se por considerar, para esse trabalho, a taxa mínima de atratividade obtida por Zilio (2014), ou seja, 5,45% (Tabela 7).

Tabela 7 - Apuração da taxa mínima de atratividade de produção de cana-de-açúcar

Análise	Taxa real (% a.a.)
Questionários amostrados	5,07%
Razão arrendamento/Preço da terra	4,69%
Literatura consultada	6,60%
Média aritmética	5,45%

Fonte: Zilio (2014)

3.2.2 Indicadores de viabilidade de projetos

3.2.2.1 Valor Presente Líquido

O Valor Presente Líquido pode ser obtido subtraindo-se o investimento inicial de um projeto do valor presente das entradas de caixa, descontadas a uma taxa igual ao custo de capital da empresa (GITTMAN, 1997). De acordo com Buarque (1991) o VPL é um instrumento fundamental para a análise da viabilidade do projeto, visto que o método considera o custo de oportunidade do capital, representado pela taxa de desconto (r) que corresponde à remuneração do capital investido à melhor taxa disponível para o momento do investimento.

O cálculo do VPL, representado na expressão abaixo, é a soma algébrica dos fluxos atualizados pela taxa de desconto:

$$VPL = C_0 + \sum_{i=1}^n \frac{FCO_i}{(1+r)^i} \quad (10)$$

Onde:

C_0 = fluxo de caixa no período 0;

FCO_i = fluxo de caixa no período i;

r = taxa mínima de atratividade.

Para critério de decisão, se o $VPL > 0$, a empresa obterá um retorno maior do que seu custo de capital, ou seja, o projeto é viável; no caso em que $VPL < 0$, o custo de capital é maior que o retorno financeiro da empresa, o que, na prática, significa que o projeto é inviável (GITTMAN, 1997). Obtido o VPL a partir da análise tradicional de projetos, encerra-se o primeiro passo da análise de opções reais.

3.2.2.2 Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE)

O método do Valor Anual Uniforme Equivalente tem como objetivo encontrar uma série anual uniforme equivalente de um fluxo de caixa, considerando uma taxa mínima de atratividade (ASSAF NETO, 2012). Seu cálculo é definido a seguir:

$$VAUE = VPL * \left(\frac{r*(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right) \quad (11)$$

Onde:

r = taxa mínima de atratividade;

n = número de períodos.

Como critério de decisão, se $VAUE > 0$, o projeto é viável economicamente; caso contrário ($VAUE < 0$) o projeto é inviável.

3.2.3 Tópico Adicional - Cálculo da Perpetuidade

Considerou-se, no fluxo de caixa, uma perpetuidade baseada em um Valor Anual Uniforme Equivalente modificado, como descreve a equação a seguir:

$$VAUE = \sum_{i=7}^{29} \frac{FCO_i}{(1+r)^i} * \left(\frac{r*(1+r)^{29-6}}{(1+r)^{29-6} - 1} \right) \quad (12)$$

Seguindo procedimento adotado por Zilio (2014), o cálculo desconsidera em seu primeiro termo (VPL) os sete períodos iniciais por se tratarem da fase de instalação do

canavial, ou seja, como o canavial só está totalmente implantando a partir do 7º período, não seria plausível considerar os períodos anteriores para o cálculo da perpetuidade. O segundo termo da equação do VAUE anualiza o valor apurado; para tanto, são considerados 23 períodos.

A partir do VAUE apurado, estima-se o valor da perpetuidade através da seguinte fórmula:

$$\text{Valor da Perpetuidade} = \frac{VAUE}{TMA} \quad (13)$$

3.3 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade, cujo objetivo é definir quais são as principais variáveis sujeitas a risco a afetar o projeto, consiste em, através da variação percentual das principais variáveis componentes do fluxo de caixa, identificar aquelas que causam maior impacto no VPL do projeto. O presente estudo considerou, para a análise de sensibilidade, as seguintes variáveis sujeitas a risco: i) produtividade; ii) qualidade da matéria prima; iii) preço do ATR; iv) preço da terra; v) taxa mínima de atratividade; e vi) custo do corte, carregamento e transporte (CCT).

3.4 Simulação de Monte Carlo

A realização do segundo passo da análise de opções reais requer, antes de qualquer coisa, a obtenção da volatilidade dos retornos do projeto. Essa volatilidade, como sugere Copeland e Antikarov (2002), pode ser obtida através do método Monte Carlo, que consiste da combinação de incertezas em uma única incerteza (também chamada de abordagem consolidada da incerteza): a distribuição dos retornos do projeto (Figura 3).

Figura 3 - Emprego de método Monte Carlo para montagem de árvore de eventos

Fonte: Copeland e Antikarov (2002)

Hertz (1964) enfatiza que a simulação de Monte Carlo deve seguir três passos: i) definir as distribuições de probabilidade dos fatores de risco; ii) a partir da distribuição dos fatores de risco, selecionar um valor aleatório de cada fator, combinando-os para se mensurar o VPL; e iii) repetir o processo para determinar a probabilidade de ocorrência de cada valor presente obtido.

Assim, ao repetir o processo milhares de vezes, a amostra de VPL aumenta, tornando a análise mais acurada.

3.5 Modelo binomial

A construção do modelo binomial suscita, previamente, o estabelecimento de uma taxa de juros livre de risco, além da determinação, através do desvio padrão obtido a partir dos retornos dos VPLs simulados através do método de Monte Carlo, dos parâmetros do modelo.

3.5.1 Taxa de juros livre de risco

Uma vez que os valores de custos e receitas dos projetos em estudo serão tratados em sua forma real, há a necessidade do cálculo da taxa real de juros. Para tanto, será utilizada a seguinte fórmula (MANKIW, 2000):

$$r = \frac{1+i}{1+\pi} - 1 \quad (14)$$

Onde:

r = taxa real de juros;

i = taxa nominal de juros;

π = taxa de inflação.

Para fins de cálculo da taxa de juros livre de risco foram utilizadas as séries do IPCA e da taxa SELIC, no período compreendido entre 04/2007 e 03/2015 (início da safra 2007/08 e fim da safra 2014/15), apurando-se a taxa de 4,24%.

3.5.2 Determinação dos parâmetros do modelo

O procedimento para as estimativas dos parâmetros relativos à árvore binomial, quais sejam, movimento ascendente do ativo subjacente sujeito a risco (u), movimento descendente do ativo subjacente sujeito a risco (d), probabilidade associada ao movimento ascendente do ativo subjacente sujeito a risco (p) e probabilidade associada ao movimento descendente do ativo subjacente sujeito a risco ($1 - p$) são descritos por Assaf Neto (2012). Inicialmente, é necessário calcular a volatilidade do ativo subjacente sujeito a risco (V_0), através da seguinte fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{t=1}^T \frac{(X_j - \bar{X}_j)^2}{(n-1)}} \quad (15)$$

Onde:

σ = volatilidade de V_0 ;

$X_j = \ln\left(\frac{VPL_t}{VPL_{t-1}}\right)$ = razão logarítmica dos valores dos VPLs simulados.

n = número de VPLs simulados

De posse da volatilidade de V_0 é possível estimar o fator de movimento ascendente (u) e descendente (d) do ativo subjacente sujeito a risco, conforme as equações abaixo:

$$u = e^{\sigma\sqrt{t}} \quad (16)$$

$$d = \frac{1}{u} \quad (17)$$

Por fim, estima-se a probabilidade associada ao movimento ascendente do ativo subjacente sujeito a risco (p), conforme a equação a seguir:

$$p = \frac{e^{r_f} - d}{u - d} \quad (18)$$

Onde:

r_f = taxa de juros livre de risco do mercado.

3.5.3 Árvore binomial

O modelo binomial, baseado no trabalho de Cox, Ross e Rubinstein (1979) é construído de forma a prever apenas dois resultados subsequentes possíveis por período: o valor do ativo subjacente ao risco pode subir ou cair. Os resultados são independentes entre si, ou seja, o produto de um evento não exerce influência sobre os períodos subsequentes, sendo que as probabilidades de up (sucesso) e down (fracasso) e, por conseguinte, as probabilidades associadas a esses eventos, permanecem as mesmas ao longo de todo o período analisado (ASSAF NETO, 2012).

A primeira etapa para a composição da chamada rede binomial é a construção da árvore de eventos. Partindo do primeiro nó, é considerado o valor do ativo subjacente ao risco (V_0); no período seguinte, o valor do ativo poderá assumir duas posições distintas: poderá apresentar alta a uma taxa u , com probabilidade p de ocorrência, ou apresentar queda a uma taxa d com probabilidade $(1-p)$; assim, o período $t=1$ apresentará dois possíveis resultados: $V_{1,1}$ (V_0u) ou $V_{1,2}$ (V_0d). No período seguinte, $t=2$, haverá três possíveis resultados, $V_{2,1}$ (V_0u^2), $V_{2,2}$ (V_0ud) e $V_{2,3}$ (V_0d^2).

A maneira como são definidos os parâmetros u e d impõe, na prática, que a árvore de eventos seja recombinante, sendo que os valores do ativo subjacente ao risco repetem-se para uma mesma linha ao longo da árvore de eventos. Isso implica em uma redução do número de nós por período de tempo, de 2^n para $n+1$.

Na sequência, prossegue-se com a determinação dos valores subsequentes dos ativos subjacentes até o último período de análise do projeto, que marca o fim da primeira etapa da construção da rede binomial (Figura 4). O presente estudo segue recomendação de Copeland e Antikarov (2002) quanto à extensão da árvore de eventos, que tem como período final $t=15$ anos.

Figura 4 - Grade Binomial Multiplicativa

Fonte: Copeland e Antikarov (2002)

De posse da árvore de eventos do ativo subjacente ao risco, parte-se para a segunda etapa da construção da rede binomial, que consiste em atribuir as decisões a serem tomadas ao longo da árvore de eventos, tornando-a uma árvore decisões. Considerando que o presente trabalho propõe-se a auferir o valor de uma opção de adiamento, impõe-se aos valores dos nós finais da árvore a seguinte fórmula:

$$O_{t,e} = \max(V_{t,e} - k; 0) \quad (19)$$

Onde:

$O_{t,e}$ = valor da opção no instante de tempo t, no nó de posição e;

$V_{t,e}$ = valor do ativo subjacente no nó correspondente ao período t, posição e;

k = preço de exercício.

É, contudo, essencial definir valor do ativo subjacente sujeito a risco e preço de exercício. Considera-se ativo subjacente sujeito a risco como sendo o valor do projeto, ou seja, os retornos futuros provenientes do fluxo de caixa descontado à taxa mínima de atratividade, calculado como a soma do Valor Presente Líquido ao Valor Presente dos Investimentos; já o preço de exercício é o valor monetário a ser desembolsado para a realização do projeto ou, seja, o valor presente dos investimentos que constam do fluxo de caixa. Assim:

$$V_0 = \text{VPL} + \text{VP Inv.} \quad (20)$$

$$k = \text{VP Inv} \quad (21)$$

Na prática, busca-se determinar nos nós finais da árvore binomial o valor máximo entre a diferença do valor do projeto e seu investimento ou zero; traduzindo, se o valor do projeto supera o valor do investimento, o investidor realizará o projeto; caso contrário não.

De posse dos valores das opções dos últimos nós, realiza-se, regressivamente (para $t = 14$, $t = 13$ e assim por diante), o cálculo dos nós antecedentes de acordo com a fórmula abaixo:

$$O_{t-1,e} = \text{MAX}\{(V_{t-1,e} - K); [p \times O_{t,eu} + (1 - p) \times O_{t,ed}]/(1 + r_f)\} \quad (22)$$

Onde:

$O_{t-1,e}$: valor da opção no período t-1, no nó e;

$V_{t-1,e}$: valor do ativo subjacente sujeito a risco no período t-1, no nó e;

$O_{t,eu}$: valor da opção up, relativamente ao nó anterior, para o período t;

$O_{t,ed}$: valor da opção down, relativamente ao nó anterior, para o período t;

r_f : taxa de juros livre de risco.

Ou seja, no nó imediatamente anterior ao último, apura-se o valor máximo entre do valor da opção se esta for exercida ($V_0 - K$), ou seu valor se viva, uma ponderação entre as opções dos nós subsequentes descontada a uma taxa de juros livre de risco. Esse processo é repetido regressivamente até o período inicial, gerando o valor da opção de adiamento.

Finalmente, o valor da opção para o período zero somado ao valor do VPL calculado a partir do fluxo de caixa descontado gera o chamado VPL expandido, que melhor traduz o valor do projeto, uma vez que adiciona à análise tradicional a capacidade de flexibilidade gerencial ao longo da vida útil do projeto.

$$VPL_{\text{expandido}} = VPL_{\text{tradicional}} + \text{Opção} \quad (23)$$

3.6 Caracterização da produção canavieira típica

O presente estudo assume como premissa que a instalação do projeto de produção de cana-de-açúcar em cada região replicará a propriedade típica delineada para cada região; nesse sentido, os tópicos a seguir têm como objetivo caracterizar a produção canavieira típica nas regiões consideradas pelo estudo, no que se refere ao sistema de produção adotado, às características da propriedade agrícola destinada à produção de cana-de-açúcar, investimentos necessários à atividade, estrutura de receitas e custos, além da tributação incidente em cada situação.

3.6.1 Região de Goiatuba/GO

Goiatuba é um município inserido na mesorregião do Sul Goiano, que abrange 82 municípios agrupados em seis microrregiões diferentes, possuindo área de 131.579 km² (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2016). De acordo com a União da Indústria de Cana-de-Açúcar - UNICA (2016a), a região apresentou, na safra 2014/2015, área de 759.432 ha disponível para a colheita de cana-de-açúcar, além de 70.251 ha destinados à reforma, totalizando 829.680 ha cultivados com cana-de-açúcar.

A propriedade canavieira típica conta com área total de 1280 hectares, dos quais 1000 hectares são passíveis de exploração agropecuária, estando essa área integralmente destinada à produção de cana-de-açúcar. Observa-se que a produção se dá apenas em área própria, ou seja, o produtor não arrenda área de terceiros para a produção canavieira; anda, a produtividade média registrada na região é de 90,88 tc/ha, com 143,92 kg de ATR/tc, sendo realizados seis cortes por ciclo do canavial (Tabela 8).

Tabela 8 - Premissas técnicas referentes à propriedade típica destinada à produção de cana-de-açúcar em Goiatuba/GO

Premissa	Valor	Unidade
Área arrendada para a cana-de-açúcar	0	ha
Área Total (própria)	1280	ha
Área Útil (própria)	1000	ha
Área Útil própria destinada à cana-de-açúcar	1000	ha
ATR padrão em contratos de arrendamento	121,97	kg ATR/tc
Cortes por ciclo	6	Anos
Preço físico do arrendamento	15,5	tc/ha/ano
Produtividade Média	90,88	tc/ha
Qualidade da matéria prima	143,92	kg ATR/tc

Fonte: PECEGE (2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015)

3.6.1.1 Sistema de produção típico da região de Goiatuba/GO

A produção de cana-de-açúcar pode ser dividida em cinco estágios distintos: preparo de solo, plantio e tratos culturais da cana planta, compondo a formação do canavial, além dos tratos culturais da cana soca e, por fim, a colheita (PECEGE, 2008).

A etapa de preparo do solo em Goiatuba/GO, realizada entre os meses de junho a setembro, é composta por dessecação, análise de solo, calagem, gessagem, transporte de água e transporte de pré-mistura. Para realizar essas operações são utilizados, como fonte de potência, tratores de potência entre 74 e 147cv e pulverizador autopropelido, além dos implementos distribuidor de corretivo e carreta tanque. Os insumos necessários à etapa de preparo do solo são calcário e gesso, além dos herbicidas Glifosato e 2,4-D.

Em seguida, entre os meses de fevereiro e abril, são realizadas as operações concernentes ao estágio de plantio, a saber: colheita mecanizada de mudas, carregamento de mudas, sulcação, plantio mecanizado, cobrição, transporte de água e transporte de pré-mistura. Para tanto, são utilizados como fonte de potência tratores com potência acima de 147 cv, tratores com potência entre 74 e 147 cv e colhedora, além de carreta tanque, cobridor, sulcador, plantadora e transbordo agrícola como implementos. Ademais, são utilizados os seguintes insumos: fertilizante MAP, cálcio, magnésio, zinco, manganês, inseticidas Regent 800 WG, Rugby e Primo, além de 20 toneladas de muda por hectare.

Entre maio e outubro são realizados os tratos culturais da cana planta: aplicação de herbicidas, operação de quebra lombo, aplicação de fertilizante, aplicação de herbicida em pós-emergência e transporte de água. Como fonte de potência são utilizados tratores com potência entre 74 e 147 cv e pulverizador autopropelido, além de distribuidor de corretivos,

cultivador e carreta tanque. Os insumos utilizados nesse estágio de produção são os herbicidas Velpar K, Gamit 500, Combine e Provence, além de cloreto.

Os tratos culturais da cana soca são efetuados entre fevereiro e setembro, e compreendem as seguintes operações: aplicação de herbicidas, calagem, gessagem, adubação de cobertura, soltura de *Cotesia*, aplicação contra cigarrinha e broca, aplicação de fungicidas, aplicação de maturador e inibidor de florescimento. A fonte de potência utilizada são tratores com potência entre 74 e 147 cv e pulverizador autopropelido, além de adubador e distribuidor de corretivo como implementos. Os insumos utilizados são calcário, gesso, fertilizante 20-00-20, herbicidas Hexazinona e Provence, inseticidas Curbix e Certero, fungicida Priori Xtra, maturador Modus, inibidor de florescimento Ethrel, além de *Cotesia flavipes*. Com exceção da aplicação de herbicidas, todas as aplicações dessa etapa são terceirizadas, sendo realizadas por avião.

Por fim, a colheita, ou corte, carregamento e transporte (CCT), é realizada entre maio e outubro envolvendo as operações de corte mecanizado, transbordo e transporte de cana picada. Como fonte de potência, é utilizada colhedora, caminhão e trator com potência acima de 147 cv, além dos implementos caçamba carregadeira e transbordo agrícola.

3.6.1.2 Investimentos – Goiatuba/GO

Os investimentos realizados para a produção de cana-de-açúcar podem ser divididos em: i) aquisição de terras; ii) aquisição de máquinas e implementos.

i) Aquisição de terras;

O preço do hectare destinado à agricultura na região de Goiatuba, obtido a partir da média dos preços deflacionados pelo IGP-DI para 03/2015 dos últimos oito anos apurados pela FNP é de R\$ 14.093,20. Assume-se como premissa que a forma de pagamento da terra se dará no três primeiros períodos: 50% do valor será desembolsado no período $t = 0$ e os 50% restantes divididos entre os períodos $t = 1$ e $t = 2$, totalizando R\$ 18.039.296,00.

ii) Aquisição de máquinas e implementos;

As máquinas e implementos necessários à produção canavieira em Goiatuba/GO foram definidos através do método de painel, estando em consonância com o sistema de produção típico da região. Não obstante, são respeitados os períodos de vida útil de cada item,

de forma que ao fim desse período há necessidade de reposição do referido item, o que representa outro investimento (Tabela 9).

Tabela 9 - Máquinas e implementos necessários para a produção de cana-de-açúcar em Goiatuba/GO

Item	Qtde	Valor Novo (R\$)	Vida Útil (anos)	Valor Residual (%)	Ano de aquisição	Anos de Troca
Abastecedor Adubo	1	52.308,82	8	10%	0	8 - 16 - 24
Abastecedor Pulverizador	1	26.154,41	15	5%	0	15
Caçamba carregadeira	1	73.232,34	12	10%	0	12 - 24
Caminhão	2	334.776,42	10	25%	1	11 - 21
Carreta agrícola	2	5.544,73	15	5%	0	15
Carreta Tanque	1	36.616,17	15	5%	0	15
Cobridor	1	12.554,12	12	5%	0	12 - 24
Colhedora	1	941.558,68	5	25%	1	6 - 11 - 16 - 21 - 26
Cultivador	2	24.062,06	12	15%	0	12 - 24
Distribuidor de corretivo	1	125.541,16	10	15%	0	10 - 20
Lâmina	1	20.923,53	12	5%	0	12 - 24
Moto	1	5.230,88	7	20%	0	7 - 14 - 21 - 28
Plaina	1	26.154,41	12	5%	0	12 - 24
Plantadora	1	209.235,26	15	20%	0	15
Pulverizador Autopropelido	1	523.088,16	10	20%	0	10 - 20
Sulcador	1	13.077,20	15	5%	0	15
Transbordo Agrícola	4	73.232,34	15	15%	1	16
Trator > 147 cv	4	230.158,79	10	20%	0	10 - 20
Trator 74 a 147 cv	3	127.162,73	10	20%	0	10 - 20
Utilitário Leve	1	36.616,17	7	30%	0	7 - 14 - 21 - 28
Utilitário Pesado	2	94.155,87	7	30%	0	7 - 14 - 21 - 28

Fonte: PECEGE (2015)

3.6.1.3 Receitas – Goiatuba/GO

A renda bruta de um período t pode ser obtida pelo somatório das multiplicações das quantidades vendidas dos bens i (Q_i), por seus respectivos preços (P_i), período a período, como descrito a seguir:

$$R_t = \sum_{i=1}^n Q_{it} P_{it} \quad (24)$$

Destaca-se que o valor pago pela cana-de-açúcar ao fornecedor depende da qualidade da matéria prima, expressa em Açúcares Totais Recuperáveis (ATR). Dessa maneira, o rendimento de ATR, em quilograma por tonelada de cana (kg/tc), multiplicado pelo preço do

quilograma de ATR (R\$/kg ATR) resultará no preço da tonelada de cana (tc) a ser pago ao fornecedor. Por sua vez, o preço da tonelada de cana multiplicado pela produtividade (tc/ha) gera a receita obtida por hectare de cana colhida. Detalhes quanto ao cálculo do ATR podem ser vistos no Manual do Conselho de Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Etanol do Estado de São Paulo (Consecana, 2006).

A Tabela 10 exibe os preços nominais acumulados do quilograma do ATR para o período compreendido entre as safras 2007/08 a 2014/15, a partir dos quais foi possível calcular o valor médio real pago ao produtor no período, R\$0,4770/kg ATR. Para o cálculo da receita proveniente da venda de cana-de-açúcar foram consideradas a produtividade média (tc/ha) e qualidade da matéria prima (kg ATR/tc) exibidos na Tabela 10.

Tabela 10 - Preços nominais e reais do quilograma do ATR no estado de São Paulo – safras 2007/08 a 2014/15

Safra	Preço nominal (R\$/kg ATR)	Preço real (R\$/kg ATR)
2007/08	0,2443	0,3647
2008/09	0,2782	0,3923
2009/10	0,3492	0,4816
2010/11	0,4022	0,4993
2011/12	0,5018	0,6029
2012/13	0,4728	0,5261
2013/14	0,4572	0,4730
2014/15	0,4763	0,4763
Média		0,4770

Fonte: Elaborado a partir de UNICA (2015) e IPEA (2016)

Ainda, uma vez que é considerada a instalação progressiva do canavial, há que se contabilizar a receita auferida pelo arrendamento da terra não ocupada pela cana-de-açúcar nos primeiros períodos (períodos $t = 1$ a $t = 7$); para tanto, são considerados o preço físico do arrendamento e o ATR padrão em contratos de arrendamento expostos na Tabela 8.

3.6.1.4 Custos operacionais – Goiatuba/GO

A Tabela 11 exibe os custos por estágio de produção para Goiatuba/GO. O custo por hectare é ponderado considerando-se a instalação progressiva do canavial, que tem 1/6 da área renovado anualmente. Como se observa, o custo total ponderado por hectare é de R\$ 4.075,25, inclusos gastos administrativos da ordem de R\$ 180,72/ha. Como a produção é

realizada integralmente em área própria não são contabilizadas despesas com arrendamento. O custo com corte, carregamento e transporte, foi calculado considerando-se o custo de R\$ 21,62/t cana colhida (custo médio das três últimas safras) e a produtividade média de 90,88 t/ha.

Tabela 11 - Custos de produção de cana-de-açúcar por estágio para Goiatuba/GO

Estágio de Produção	R\$/ha	Ponderação	R\$/ha ponderado
Preparo de Solo	753,06	1/6	125,51
Plantio	4.065,85	1/6	677,64
Tratos Culturais da cana planta	477,85	1/6	79,64
Tratos Culturais da cana soca	1.256,89	5/6	1.047,41
Corte, carregamento e transporte	1.964,63	1	1.964,63
Administração	180,72	1	180,72
Total			4.075,55

Fonte: Adaptado de PECEGE (2013, 2014, 2015)

3.6.1.5 Tributos – Goiatuba/GO

Abaixo, encontram-se destacados os tributos a que estão sujeitos os produtores de cana-de-açúcar em Goiatuba/GO, assim como suas alíquotas e formas de incidência.

Como se observa na Tabela 12, é cobrada taxa de R\$ 1,00/tc colhida para a associação de classe e 2,3% para o Fundo de Apoio ao Trabalhador Rural (FUNRURAL), incidente sobre o faturamento; ademais, é cobrado, a título de contribuição sindical rural (CSR) 0,1% sobre o valor da terra nua tributável (VTNt) mais parcela fixa de R\$ 117,12 e, por fim, o imposto territorial rural (ITR), com alíquota de 0,3% sobre o valor da terra nua (VTN) da propriedade.

Tabela 12 - Tributos incidentes sobre a produção – Goiatuba/GO

Tributo	Alíquota	Incidência
Taxa Associativa	R\$ 1,00	Tonelada de cana
FUNRURAL	2,30%	Faturamento
CNA	0,1% + R\$ 117,12	VTNt
ITR	0,3%	VTN

Fonte: CNA (2015); Receita Federal do Brasil (2015); PECEGE (2015)

3.6.2 Região de Maracaju/MS

Os dados coletados no município de Maracaju caracterizam a produção canavieira na mesorregião do Sudoeste do Mato Grosso do Sul, composta por três microrregiões que, juntas, possuem 38 municípios, com área total de 82.417,66 km² (IBGE, 2016). Na safra 2014/2015, a mesorregião do Sudoeste do Mato Grosso do Sul apresentou 580.170 hectares destinados à cana-de-açúcar, dos quais 541.728 estavam disponíveis para a colheita e o restante destinado à reforma (UNICA, 2015a).

No que tange a possibilidade de expansão canavieira para a mesorregião mencionada, o ZAE Cana aponta que há possibilidade de expansão em 3.652.832 hectares, sendo 49,38% área considerada de alta aptidão, 48,03% área de média aptidão e apenas 2,59% área de baixa aptidão para o cultivo da cana. Da área classificada como de alta aptidão, 30,42% está ocupada com agricultura, enquanto 69,58% apresenta atividade pecuária; no que diz respeito à área de média aptidão, 73,06% é utilizada para agricultura, enquanto 26,94% para pecuária.

A típica propriedade dedicada à cultura canavieira na região de Maracaju conta com área total de 2760 hectares, dos quais 2300 hectares são aptos à exploração agropecuária. Contudo, diferentemente das regiões de Goiatuba/GO e Uberaba/MG, o produtor dessa região diversifica a produção dentro da sua propriedade, de forma que apenas 20% da área útil (460 ha) são destinados à produção de cana-de-açúcar. Analogamente à região de Goiatuba/GO não há arrendamento de terra para a produção canavieira, que se dá integralmente em terras próprias (Tabela 13).

Tabela 13 - Premissas técnicas referentes à propriedade típica destinada à produção de cana-de-açúcar em Maracaju/MS

Premissa	Valor	Unidade
Área arrendada para a cana-de-açúcar	0	ha
Área Total (própria)	2760	ha
Área Útil (própria)	2300	ha
Área Útil própria destinada à cana-de-açúcar	460	ha
ATR padrão em contratos de arrendamento	109	kg ATR/tc
Cortes por ciclo	6	Anos
Preço físico do arrendamento	14	tc/ha/ano
Produtividade Média	95,86	tc/ha
Qualidade da matéria prima	130,12	kg ATR/tc

Fonte: Marques (2008), Xavier et al. (2009) e PECEGE (2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015)

3.6.2.1 Sistema de produção típico da região de Maracaju/MS

O preparo de solo para a produção de cana-de-açúcar na região de Maracaju é realizado entre janeiro e fevereiro, e compreende as operações de análise de solo, confecção de estradas e carreadores, calagem, gessagem e dessecação. Para tanto, são utilizados como fonte de potência um trator com potência entre 74 e 147cv, além de um pulverizador autopropelido; como implementos, são utilizados o distribuidor de corretivos e a plaina. Os insumos necessários a este estágio de produção são calcário, gesso e os herbicidas glifosato e 2,4-D.

Entre os meses de março e maio é realizado o plantio, dividido em duas operações: plantio mecanizado e adubação. A fonte de potência utilizada é um trator com potência entre 74 e 147cv, e o implemento utilizado um cultivador. Os insumos empregados nesse estágio de produção são: mudas (20 tc/ha), Regent 800 WG, mono-amônio-fosfato (MAP) e cloreto de potássio.

Os tratos culturais da cana planta, realizados entre abril e julho, consistem em uma aplicação de herbicidas e uma tríplice operação. Um trator com potência entre 74 e 147cv e um pulverizador autopropelido são utilizados como fonte de potência; o implemento utilizado nesse estágio de produção é o cultivador. Ademais, os insumos necessários são os herbicidas Ametrina, Diuron, Thebutiuron e MSMA.

Na sequência, os tratos culturais da cana soca, realizados entre os meses de junho e dezembro, consistem nas operações de adubação, transporte de insumos, carpa química, aplicação de inseticida, aplicação de herbicida, transporte e água, aplicação de maturador, calagem e gessagem. Um trator com faixa de potência de 74 a 147cv, um trator com mais de 147cv e um pulverizador autopropelido são utilizados como fonte de potência; carreta agrícola, carreta tanque, cultivador e distribuidor de corretivo são os implementos empregados. Os insumos necessários a este estágio de produção são: gesso, calcário, formulado 20-05-20, os herbicidas Broker 750 WG, Dinamic e Velpar K, além do inseticida Curbix e do maturador Curavial.

A colheita, realizada entre os meses de julho e novembro, é totalmente mecanizada e consiste das operações de apoio, corte mecanizado, transbordo e transporte de cana picada. Destaca-se ainda que essa operação é terceirizada, ficando a cargo da usina.

3.6.2.2 Investimentos – Maracaju/MS

i) Aquisição de terras

O preço do hectare destinado à agricultura em Maracaju/MS, calculado da mesma maneira que o preço de Goiatuba/GO, é de R\$14.097,62. Assim, o investimento necessário à aquisição de terras (552 hectares) na região é de R\$6.455.616,6, a ser desembolsado nos três primeiros períodos do projeto, considerando 50% do valor no período $t = 0$ e 50% divididos entre os períodos $t = 1$ e $t = 2$.

ii) Aquisição de máquinas e equipamentos

A Tabela 14 apresenta a relação de máquinas e equipamentos utilizados para a produção de cana-de-açúcar em uma propriedade típica na região de Maracaju. Diferentemente do observado em Goiatuba/GO, parte do maquinário destinado ao cultivo de cana-de-açúcar em Maracaju/MS é utilizado, também, para a produção de outros produtos agrícolas. Assim, enquanto os implementos cultivador e plaina são de uso exclusivo da produção canavieira, para os demais itens é considerado 20% do valor no projeto canavieiro, conforme apurado por PECEGE (2015).

Tabela 14 - Máquinas e implementos necessários para a produção de cana-de-açúcar em Maracaju/MS

Item	Qtde	Valor Novo (R\$)	Vida Útil (anos)	Valor Residual (%)	Ano de aquisição	Anos de Troca
Carreta Agrícola	1	5.544,73	15	5%	1	16
Carreta Tanque	1	8.892,50	15	5%	1	16
Cultivador	1	26.154,41	12	15%	0	12-24
Distribuidor de Adubo	1	136.002,92	10	15%	0	10-20
Moto	1	5.230,88	7	20%	0	7-14-21-28
Plaina	1	26.154,41	12	5%	0	12-24
Pulverizador Autopropelido	1	585.858,73	10	20%	0	10-20
Pulverizador Costal	10	313,85	5	0%	0	5-10-15-20-25
Trator > 147 cv	1	230.158,79	10	20%	0	10-20
Trator 74 a 147 cv	1	127.162,73	10	20%	0	10-20
Utilitário Leve	1	36.616,17	7	30%	0	7-14-21-28
Utilitário Pesado	1	115.079,39	7	30%	0	7-14-21-28

Fonte: PECEGE (2015)

3.6.2.3 Receitas – Maracaju/MS

Tal como descrito no item 3.6.1.3, a receita para o projeto de Maracaju/MS é dada pela renda auferida com a venda da cana-de-açúcar, a partir da produtividade média e qualidade da matéria prima (Tabela 13); uma vez que a região adota o sistema de pagamento de cana vigente em São Paulo (CONSECANA-SP), o preço utilizado para o cálculo da receita é aquele apurado para Goiatuba/GO, R\$ 0,4770/kg ATR. É considerado, também, o arrendamento da área não ocupada com cana-de-açúcar ao longo dos 6 primeiros períodos, sendo utilizados como referência de cálculo do preço do arrendamento os valores de preço físico do arrendamento e ATR padrão em contratos de arrendamento (Tabela 13).

3.6.2.4 Custos – Maracaju/MS

Os custos por estágio de produção para Maracaju/MS são exibidos na Tabela 15. Como se observa, o custo total ponderado por hectare é de R\$ 4.507,77, inclusos gastos administrativos da ordem de R\$ 129,59/ha. Semelhantemente ao projeto de Goiatuba/GO, a produção é realizada integralmente em área própria, não sendo contabilizadas despesas com arrendamento; ainda, a ponderação é realizada considerando-se a renovação de 1/6 do canavial ao ano. O custo com corte, carregamento e transporte foi calculado com base em um custo de R\$ 27,57/t cana colhida e produtividade média de 95,86 t/ha.

Tabela 15 - Custos de produção de cana-de-açúcar por estágio para Maracaju/MS

Estágio de Produção	R\$/ha	Ponderação	R\$/ha ponderado
Preparo de Solo	597,36	1/6	99,56
Plantio	3.769,88	1/6	628,31
Tratos Culturais da cana planta	235,42	1/6	39,24
Tratos Culturais da cana soca	1.144,38	5/6	953,65
Corte, carregamento e transporte	2.657,42	1	2.657,42
Administração	129,59	1	129,59
Total			4.507,77

Fonte: Adaptado de PECEGE (2013, 2014, 2015)

3.6.2.5 Tributos - Maracaju

O produtor típico da região de Maracaju paga R\$ 0,07/tc a título de taxa associativa, além de 19% de uma UFERMS (Unidade de referência Fiscal do Estado do Mato Grosso do

Sul) por tonelada de cana (R\$ 4,04/tc) como contribuição para Fundo de Desenvolvimento do Sistema Rodoviário do Estado do Mato Grosso do Sul (Fundersul). Ademais, é tributado em parcela fixa de R\$ 13.740,82 sobre o VTNt (CSR-CNA), 0,3% sobre o VTN (ITR) e, por fim, 2,3% sobre o faturamento (FUNRURAL) (Tabela 16).

Tabela 16 - Tributos incidentes sobre a produção – Maracaju/MS

Tributo	Alíquota	Incidência
Taxa Associativa	R\$ 0,07	tonelada de cana
CNA	0% + R\$ 13.740,82	VTNt
FUNDERSUL	19% de uma UFERMS	tonelada de cana
FUNRURAL	2,30%	Faturamento
ITR	0,30%	VTN

Fonte: CNA (2015); Receita Federal do Brasil (2015); PECEGE (2015)

3.6.3 Região de Uberaba

Considera-se, para o presente estudo, que a mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, localizada ao sudoeste de Minas Gerais, cuja área de 90.545 km² abrange 66 municípios distribuídos em sete microrregiões, é representada, nesse estudo, pelos dados obtidos junto ao município de Uberaba/MG (IBGE, 2016). Dados da UNICA apontam que, na safra 2014/15, a mesorregião supracitada apresentou área total de 763.676 ha cultivados com cana-de-açúcar, sendo 689.388 ha disponíveis para colheita e o restante, área de reforma (UNICA, 2016a).

Quanto à possibilidade de expansão da cultura canavieira na mesorregião do Triângulo Mineiro, o ZAE Cana aponta a existência de 3.662.814 ha aptos ao cultivo da cana, dos quais 99,04% apresentam média aptidão e 0,96% baixa aptidão. Ainda, destaca-se que 73,03% da área classificada como de média aptidão está atualmente ocupada com atividade pecuária, sendo o restante destinado à agricultura.

A propriedade típica destinada à produção de cana-de-açúcar na região de Uberaba possui área total de 305 hectares, dos quais 250 hectares são úteis e integralmente destinados à cultura canavieira (Tabela 17).

Tabela 17 - Premissas técnicas referentes à propriedade típica destinada à produção de cana-de-açúcar em Uberaba/MG

Premissa	Valor	Unidade
Área arrendada para a cana-de-açúcar	250	ha
Área Total (própria)	305	ha
Área Útil (própria)	250	ha
Área Útil própria destinada à cana-de-açúcar	250	ha
ATR padrão em contratos de arrendamento	121,97	kg ATR/tc
Cortes por ciclo	6	Anos
Preço físico do arrendamento	15	tc/ha/ano
Produtividade Média	79,9	tc/ha
Qualidade da matéria prima	137,91	kg ATR/tc

Fonte: Marques (2008), Xavier et al. (2009), PECEGE (2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015)

Ainda, conforme indicado na Tabela 17, parte da produção canavieira em Uberaba/MG se dá em área arrendada (250 ha); contudo, para a realização do presente estudo será desconsiderada a atividade canavieira em área que não seja própria, uma vez que a opção de adiamento considera, ao longo de sua existência, a diferença entre o valor do projeto e o investimento que, por sua vez, envolve a aquisição de terras.

3.6.3.1 Sistema de produção típico da região de Uberaba

O preparo de solo para a produção de cana-de-açúcar na região de Uberaba é realizado entre os meses de agosto e setembro, e compreende as operações de gradagem intermediária, carregamento de corretivos, calagem, gessagem, manutenção de terraço, subsolagem e gradagem niveladora. Um trator com faixa de potência de 74 a 147cv e dois tratores com mais de 147cv são utilizados como fonte de potência; distribuidor de corretivo, grade de disco, grade niveladora, lâmina e subsolador são empregados como implementos. Ainda, são utilizados os insumos gesso e calcário dolomítico.

O próximo estágio de produção, o plantio, é realizado entre os meses de fevereiro e maio, e compreende apenas uma operação: o plantio mecanizado. Como a operação é terceirizada, não são necessários fonte de potência ou implementos. Entre os insumos utilizados nesse estágio estão mudas (20,4 tc/ha), formulado 05-25-25, além de Regent 800 WG, Furadan e Comet.

Entre os meses de fevereiro e julho são realizados os tratos culturais da cana planta, cujas operações são: aplicação de herbicida (pré-emergente), quebra lombo e aplicação de herbicida (pós-emergente). A fonte de potência empregada é um trator com faixa de potência entre 74 e 147cv, e os implementos utilizados são um pulverizador tracionado e um cultivador. Os herbicidas Callisto, Gamit Star e Velpar K são os insumos usados nesse estágio de produção.

Em seguida são realizados, ao longo de todo o ano, os tratos culturais da cana soca. Entre as operações desse estágio de produção estão: carregamento de corretivos, calagem, gessagem, adubação de cobertura, aplicação de herbicidas, soltura de cotesia, aplicação de inseticida e aplicação combinada de inseticida e fungicida. Como fonte de potência, é utilizado trator com faixa de potência entre 74 e 147cv; os implementos utilizados incluem cultivador, distribuidor de corretivo e pulverizador tracionado. São utilizados, ainda, os seguintes insumos: gesso, formulado 25-00-25, herbicidas Dinamic e Velpar K, inseticidas Actara, Imidacloprid e Certero, fungicida Opera, Assist e Cotesia.

Por fim, a colheita é realizada entre os meses de abril e dezembro, e envolve as operações de corte, transbordo e transporte. Assim como nas regiões de Sertãozinho e Maracaju, a colheita em Uberaba é terceirizada, não sendo utilizado qualquer equipamento de propriedade do produtor.

3.6.3.2 Investimentos - Uberaba

i) Aquisição de terras

Considerando-se o valor de R\$ 15.874,74 por hectare para a região de Uberaba, calculado de maneira similar às demais regiões, o investimento necessário à aquisição de terras (305 ha) é de R\$ 4.841.759,70, a ser desembolsado nos três primeiros períodos do projeto: 50% em $t = 0$, e os 50% restantes divididos em $t = 1$ e $t = 2$.

ii) Aquisição de máquinas e equipamentos

As máquinas e implementos utilizados na produção de cana-de-açúcar na região de Uberaba são apresentados na Tabela 18. Analogamente às outras regiões, ao fim da vida útil de cada item é realizada outra aquisição do mesmo.

Tabela 18 - Máquinas e implementos necessários para a produção de cana-de-açúcar em Uberaba/MG

Item	Qtde	Valor Novo (R\$)	Vida Útil (anos)	Valor Residual (%)	Ano de aquisição	Anos de Troca
Carreta Tanque	1	8.892,50	15	5%	0	15
Cobridor	1	12.554,12	12	5%	0	12-24
Cultivador	1	24.062,06	12	15%	1	13-26
Distribuidor de corretivo	1	18.831,17	10	15%	0	10-20
Grade de disco	1	26.154,41	5	5%	0	5-10-15-20-25
Grade niveladora	1	20.923,53	15	5%	0	15
Guincho	1	12.554,12	12	5%	0	12-24
Lâmina	1	20.923,53	12	5%	0	12-24
Moto	1	7.846,32	7	20%	0	7-14-21-28
Plaina	1	26.154,41	12	5%	0	12-24
Pulverizador costal	2	313,85	5	0%	0	5-10-15-20-25
Pulverizador tracionado	1	23.015,88	8	15%	0	8-16-24
Subsolador	1	15.692,64	15	5%	0	15
Sulcador	1	13.077,20	15	5%	0	15
Trator > 147 cv	1	230.158,79	10	20%	0	10-20
Trator 74 a 147 cv	1	127.162,73	10	20%	0	10-20
Utilitário leve	1	36.616,17	7	30%	0	7-14-21-28
Utilitário pesado	1	94.155,87	7	30%	0	7-14-2-28

Fonte: PECEGE (2015)

Não obstante, como o estudo considera apenas a produção canavieira em área própria, será considerado, para fins de avaliação do projeto, o investimento em máquinas e equipamentos de forma proporcional à atividade desenvolvida em área própria, ou seja, 50% do valor dos itens em questão.

3.6.3.3 Receitas - Uberaba

Tal como descrito para os demais municípios, a receita no município de Uberaba provém da venda de cana-de-açúcar, considerando-se produtividade média e qualidade da matéria prima exibidos na Tabela 16, com preço de R\$ 0,4770/kg ATR (CONSECANA-SP). Considera-se, ainda, o arrendamento da área própria não ocupada com cana-de-açúcar nos 6 primeiros períodos, considerando o preço físico de arrendamento e ATR padrão expostos na Tabela 17.

3.6.3.4 Custos – Uberaba

A Tabela 19 exibe o custo operacional efetivo da produção de cana-de-açúcar na região de Uberaba. O custo total por hectare é de R\$ 4.440,90. Ademais, o valor de corte, carregamento e transporte, é obtido a partir do custo de R\$ 28,31/t cana colhida e produtividade média de 79,9 t/ha.

Tabela 19 - Custos de produção de cana-de-açúcar por estágio para Uberaba/MG

Estágio de Produção	R\$/ha	Ponderação	R\$/ha ponderado
Preparo de Solo	865,83	1/6	144,30
Plantio	3.935,62	1/6	655,94
Tratos Culturais da cana planta	367,40	1/6	61,23
Tratos Culturais da cana soca	1.309,21	5/6	1091,01
Corte, carregamento e transporte	2.417,38	1	2417,38
Administração	71,04	1	71,04
Total			4.440,90

Fonte: Adaptado de PECEGE (2013, 2014, 2015)

3.6.3.5 Tributos - Uberaba

A Tabela 20 exibe a relação de tributos incidentes sobre o produtor de cana-de-açúcar na região de Uberaba. Observa-se o pagamento de R\$ 0,40/tc para taxa associativa, além de parcela fixa de R\$ 60,33/mês para o sindicato. No mais, há alíquota de 0,1% sobre o VTNt mais parcela fixa de R\$ 117,12 como contribuição sindical rural para a CNA, 0,1% de alíquota sobre o VTN para o ITR e 2,3% sobre o faturamento no caso do FUNRURAL.

Tabela 20 - Tributos incidentes sobre a produção – Uberaba/MG

Tributo	Alíquota	Incidência
Taxa Associativa	R\$ 0,40	tonelada de cana
Taxa Sindicato	R\$ 60,33	Mês
FUNRURAL	2,30%	Faturamento
CNA	0,1% + R\$ 117,12	VTNt
ITR	0,10%	VTN

Fonte: CNA (2015); Receita Federal do Brasil (2015); PECEGE (2015)

4 RESULTADOS

4.1 Fluxo de Caixa descontado

Os fluxos de caixa descontados apontam os primeiros resultados necessários ao cumprimento do objetivo traçado no presente estudo, ou seja, a apuração do valor da opção de adiamento na avaliação de projetos de produção de cana-de-açúcar nas regiões ora analisadas. Os fluxos de caixa projetados das regiões de Goiatuba/GO, Maracaju/MS e Uberaba/MG são apresentados, respectivamente, nas Figuras 5, 6 e 7.

Figura 5 - Fluxo de caixa projetado para o cultivo de cana-de-açúcar por fornecedores típicos da região de Goiatuba/GO

Fonte: Resultados da pesquisa

Figura 6 - Fluxo de caixa projetado para o cultivo de cana-de-açúcar por fornecedores típicos da região de Maracaju/MS

Fonte: Resultados da pesquisa

Figura 7 - Fluxo de caixa projetado para o cultivo de cana-de-açúcar por fornecedores típicos da região de Uberaba/MG

Fonte: Resultados da pesquisa

Destacam-se, como aspectos comuns aos três fluxos de caixa, acentuados valores negativos nos três períodos iniciais do projeto, relativos principalmente ao investimento necessário para a aquisição da terra, como também para a aquisição de máquinas e implementos agrícolas. Não obstante, os projetos apresentam, no último período analisado, elevados valores positivos, em virtude da apuração do valor da perpetuidade dos mesmos. Ainda, as receitas brutas crescem até o período $t = 7$, a partir do qual se estabilizam, uma vez que se conclui a formação do canavial (Anexos A, B e C).

Em Goiatuba/GO registram-se três inversões de sinal no fluxo de caixa: o valor passa a ser positivo a partir do período $t = 3$, em virtude do fim dos pagamentos relativos à aquisição de terra; em $t = 20$, registra-se valor negativo devido à necessidade de aquisição de máquinas e implementos previstos para o projeto.

No caso de Maracaju/MS, há apenas uma inversão de sinal no fluxo de caixa, no período $t = 3$, quando cessam os investimentos em aquisição de terras, caracterizando o fluxo de caixa dessa região como convencional.

O projeto de Uberaba apresenta, por sua vez, cinco inversões de sinais: no período $t = 6$ o projeto passa a apresentar valores positivos, entretanto, em $t = 10$ e $t = 20$ os valores voltam a ficar negativos, em virtude, tal como em Goiatuba/GO, de investimentos previstos para a aquisição de máquinas e implementos.

Acerca dos tributos pagos pela atividade, o FUNRURAL é preponderante em Goiatuba/GO e Uberaba/MG, enquanto em Maracaju/MS o tributo de maior peso é o FUNDERSUL, imposto exclusivo do estado sul-mato-grossense; ainda, seguem-se, em ordem de importância, a taxa associativa, ITR e CNA para Goiatuba/GO, FUNRURAL, ITR, CNA e taxa associativa para Maracaju/MS, e taxa associativa, ITR e taxa de sindicato para a região de Uberaba/MG (Anexos A, B e C).

No que concerne aos resultados dos indicadores de viabilidade de projetos utilizados no estudo, considerando-se a taxa mínima de atratividade (TMA) de 5,45% a.a., todos os projetos exibem VPLs negativos, ou seja, mostram-se inviáveis economicamente dadas as premissas adotadas, e não deveriam, portanto, ser realizados. Como se observa na Tabela 15, o VPL para a região de Goiatuba/GO apresentou-se negativo em R\$ 4.726.546,86, enquanto em Maracaju/MS o valor negativo apurado foi de R\$ 3.251.006,50, e em Uberaba/MG o VPL calculado foi de R\$ 3.918.210,03. Os Valores Anuais Uniformes Equivalentes calculados para as regiões de Goiatuba/GO, Maracaju/MS e Uberaba/MG foram, respectivamente, R\$ 772.746,43, R\$ 218.500,24 e R\$ 62.236,68 (Tabela 21).

Tabela 21 - Indicadores de atratividade econômica da produção de cana-de-açúcar em propriedades típicas para as regiões de Goiatuba/GO, Maracaju/MS e Uberaba/MG

Indicador	Goiatuba/GO	Maracaju/MS	Uberaba/MG
VPL	-R\$ 4.726.546,86	-R\$ 3.251.006,50	-R\$ 3.918.210,03
VAUE (7-29)	R\$ 772.746,43	R\$ 218.500,24	R\$ 62.236,68

Fonte: Resultados da pesquisa

Dando prosseguimento ao estudo, procedendo-se à análise dos pontos de inflexão das principais variáveis de risco de cada região, através da variação individual de cada uma dessas variáveis, são definidos os valores capazes de tornar o projeto economicamente viável, no contexto do fluxo de caixa descontado.

A Tabela 22 exhibe os pontos de inflexão definidos para o projeto de Goiatuba/GO. O item cuja menor oscilação percentual tornaria o projeto viável é a variável preço do ATR (5,7%), seguida das variáveis quantidade de ATR (5,8%) e produtividade do canavial (8,7%).

Não obstante, o valor máximo que poderia ser pago pela terra para viabilizar o projeto é R\$ 10.254,35, valor 27,2% inferior ao definido para a região; por fim, o custo com corte, carregamento e transporte não poderia ser superior a R\$ 17,73/tc, 18% a menos que o custo real (Tabela 22).

Tabela 22 - Pontos de inflexão que tornam o VPL =0 no projeto de Goiatuba/GO: análise via método de fluxo de caixa descontado para as variáveis selecionadas

Variável	Valor Original	VPL Tradicional = 0	$\Delta\%$
Produtividade (tc/ha)	90,88	98,83	8,7%
Preço ATR (R\$/kg ATR)	0,477	0,5042	5,7%
ATR (kg ATR/tc)	143,92	152,26	5,8%
Preço da Terra (R\$/ha)	14.093,20	10.254,35	-27,2%
TMA (%)	5,45%	4,22%	-22,6%
Custo CCT (R\$/tc)	21,62	17,73	-18,0%

Fonte: Resultados da pesquisa

Contudo, deve-se considerar que, enquanto quantidade de ATR e produtividade do canavial são fatores intrínsecos à atividade de produção de cana-de-açúcar, preço do ATR e preço da terra são variáveis extrínsecas, sendo definidas alheiamente ao produtor. Ainda nesse sentido, pelo fato de as operações referentes à corte, carregamento e transporte da cana em Goiatuba/GO serem realizadas pelo próprio produtor, o custo de CCT nessa região caracteriza-se como uma variável intrínseca ao projeto.

Para o projeto de Maracaju/MS, o fator cuja menor variação torna o projeto viável, semelhantemente ao caso de Goiatuba/GO, é o preço do ATR: um aumento de 8,8% no preço do ATR teria como reflexo a viabilidade do projeto, como aponta a Tabela 23. Ainda, o projeto seria viável com aumento de 8,9% da quantidade de ATR na cana-de-açúcar, fator particularmente interessante de ser explorado na região, uma vez que Maracaju/MS apresentou, comparativamente às demais regiões analisadas neste estudo, o pior indicador de quantidade de ATR (Tabela 23). Não obstante, a produtividade necessária à viabilização da atividade, 114,19 tc/ha, encontra-se além da produtividade máxima auferida para as regiões em questão.

Tabela 23 - Pontos de inflexão que tornam o VPL=0 no projeto de Maracaju/MS: análise via método de fluxo de caixa descontado

Variável	Valor Original	VPL Tradicional = 0	$\Delta\%$
Produtividade (tc/ha)	96,38	114,19	18,5%
Preço ATR (R\$/kg ATR)	0,477	0,5189	8,8%
ATR (kg ATR/tc)	131,91	143,67	8,9%
Preço da Terra (R\$/ha)	14097,62	7974,87	-43,4%
TMA (%)	5,45%	2,99%	-45,1%
Custo CCT (R\$/tc)	27,57	22,09	-19,9%

Fonte: Resultados da pesquisa

Quanto ao preço da terra para o projeto de Maracaju/MS, o valor máximo a ser pago de modo a manter o projeto viável é R\$ 7.974,87/ha, valor 43,4% inferior àquele considerado no estudo; o custo do CCT, por sua vez, tornaria o projeto viável ante uma redução de 19,9% de seu valor atual (Tabela 23). Entretanto, diferentemente do caso de Goiatuba/GO, as operações referentes ao corte, carregamento e transporte em Maracaju/MS são de responsabilidade das usinas e, portanto, a alteração de seus custos não é passível de ação direta por parte do produtor. Por fim, o projeto seria viável a partir de uma taxa mínima de atratividade inferior a 2,99%, valor abaixo da taxa de juros livre de risco definida neste estudo (4,24%).

No caso do projeto de Uberaba/MG, a análise dos pontos de inflexão para VPL expõe situação particularmente adversa para a atividade: os valores de produtividade e quantidade de ATR necessários à viabilização do projeto, respectivamente 113,76 tc/ha e 169,36 kg de ATR/tc, são intangíveis quando tomados isoladamente, haja vista os valores máximos auferidos de produtividade e quantidade de ATR considerados no estudo, o que sinaliza para a necessidade de uma recuperação conjunta desses indicadores de produção; o preço do ATR, por sua vez, só viabilizaria a atividade a partir de 0,5836 R\$/kg, 22,3% a mais que o valor médio, 0,477 R\$/kg (Tabela 24).

Quanto ao preço da terra, o valor máximo a ser desembolsado mantendo a viabilidade da atividade seria de 2.596,76 R\$/ha, ou seja, 83,7% a menos que o preço vigente na região; não obstante, custos com corte, carregamento e transporte não poderiam ser superiores a R\$ 14,63/tc, 50% a menos que o custo apurado para a região. Ainda, assim como em Maracaju/MS, as operações concernentes ao corte, carregamento e transporte de cana-de-

açúcar são de responsabilidade das usinas, tornando o produtor rural um tomador de preço desse serviço.

Tabela 24 - Pontos de inflexão que tornam o VPL=0 no projeto de Uberaba/MG: análise via método de fluxo de caixa descontado

Variável	Valor Original	VPL Tradicional = 0	$\Delta\%$
Produtividade (tc/ha)	79,90	113,76	42,4%
Preço ATR (R\$/kg ATR)	0,477	0,5836	22,3%
ATR (kg ATR/tc)	137,91	169,36	22,8%
Preço da Terra (R\$/ha)	15.952,12	2.596,76	-83,7%
TMA (%)	5,45%		
Custo CCT (R\$/tc)	29,28	14,63	-50,0%

Fonte: Resultados da pesquisa

4.2 Análise de Sensibilidade

A Tabela 25 exibe a análise de sensibilidade empreendida para as regiões estudadas. Como se observa, as três regiões apresentam a produtividade, expressa em tc/ha, a qualidade da matéria-prima, em kg de ATR/tc e o preço do ATR, em R\$/kg de ATR, como principais variáveis de relevância no fluxo de caixa.

Tabela 25 - Análise de sensibilidade para os parâmetros de risco dos modelos de fluxo de caixa descontado para os projetos de Goiatuba/GO, Maracaju/MS e Uberaba/MG.

Região/Variável	Valor Original	VPL Original	Valor $\Delta+1\%$	VPL $\Delta+1\%$	$ \Delta\% VPL$
Goiatuba					
Produtividade (tc/ha)	90,88	-R\$ 4.726.546,86	91,79	-R\$ 4.187.873,79	11,4%
Preço ATR (R\$/kg ATR	0,477	-R\$ 4.726.546,86	0,4818	-R\$ 3.896.325,55	17,6%
ATR (kg ATR/tc)	143,92	-R\$ 4.726.546,86	145,36	-R\$ 3.912.706,28	17,2%
Preço da Terra (R\$/ha)	14093,20	-R\$ 4.726.546,86	14234,14	-R\$ 4.900.067,86	3,7%
TMA (%)	5,45%	-R\$ 4.726.546,86	0,06	-R\$ 4.897.936,95	3,6%
Custo CCT (R\$/tc)	21,62	-R\$ 4.726.546,86	21,83	-R\$ 4.989.457,49	5,6%
Maracaju					
Produtividade (tc/ha)	96,38	-R\$ 3.251.006,50	97,34	-R\$ 3.075.054,85	5,4%
Preço ATR (R\$/kg ATR	0,477	-R\$ 3.251.006,50	0,4818	-R\$ 2.880.914,30	11,4%
ATR (kg ATR/tc)	131,91	-R\$ 3.251.006,50	133,23	-R\$ 2.886.287,98	11,2%
Preço da Terra (R\$/ha)	14097,62	-R\$ 3.251.006,50	14238,60	-R\$ 3.325.860,88	2,3%
TMA (%)	5,45%	-R\$ 3.251.006,50	5,50%	-R\$ 3.298.434,25	1,5%
Custo CCT (R\$/tc)	27,57	-R\$ 3.251.006,50	27,85	-R\$ 3.414.592,36	5,0%
Uberaba					
Produtividade (tc/ha)	79,9	-R\$ 3.918.210,03	80,70	-R\$ 3.825.762,94	2,4%
Preço ATR (R\$/kg ATR	0,477	-R\$ 3.918.210,03	0,48	-R\$ 3.742.878,27	4,5%
ATR (kg ATR/tc)	137,91	-R\$ 3.918.210,03	139,29	-R\$ 3.746.414,55	4,4%
Preço da Terra (R\$/ha)	15952,12	-R\$ 3.918.210,03	16111,64	-R\$ 3.965.010,54	1,2%
TMA (%)	0,0545	-R\$ 3.918.210,03	0,06	-R\$ 3.930.753,76	0,3%
Custo CCT (R\$/tc)	29,28	-R\$ 3.918.210,03	29,58	-R\$ 3.996.489,17	2,0%

Fonte: Resultados da pesquisa

Conforme ilustrado pela Tabela 25, em Goiatuba/GO a principal variável na composição do fluxo de caixa é o preço do ATR (17,6%), seguida de quantidade de ATR (11,4%) e produtividade (11,4%); para Maracaju/MS, o preço do ATR também é a principal variável no fluxo de caixa descontado (11,4%), seguida de quantidade de ATR (11,2%) e produtividade (5,4%); no caso de Uberaba/MG, a ordem de importância das variáveis é a mesma das outras regiões, com preço do ATR (4,5%) seguido de quantidade de ATR (4,4%) e produtividade (2,4%).

De posse das informações disponibilizadas pela análise de sensibilidade, dá-se prosseguimento ao estudo com a obtenção dos desvios-padrão dos retornos dos VPLs obtidos através da simulação de Monte Carlo.

4.3 Simulação de Monte Carlo

Na realização da simulação de Monte Carlo considerou-se, face às curtas séries de dados disponíveis acerca das incertezas, a geração de dados aleatórios a partir de distribuições triangulares; assim, estabeleceram-se valores máximos, mínimos e mais prováveis para cada uma das variáveis de risco selecionadas: produtividade, quantidade de ATR e preço do ATR.

Na definição de valores máximos e mínimos para as produtividades e quantidade de ATR por tonelada de cana considera-se os valores máximos e mínimos para o conjunto de dados das três regiões, isto é, assume-se que, para as três regiões, tanto a produtividade quanto a quantidade de ATR por tonelada de cana não será inferior ou superior aos menores e maiores valores apurados entre as três regiões. Em relação ao preço do ATR, foram considera-se o menor e maior valor compreendidos entre as safras 2007/08 e 2014/15, expostos anteriormente na Tabela 10. Como valores mais prováveis, assumem-se os valores médios apurados para as variáveis dentro de cada região. A Tabela 26 exhibe os parâmetros utilizados para a realização das simulações.

Tabela 26 - Parâmetros para geração de dados aleatórios para as variáveis produtividade, quantidade de ATR e preço do ATR, referentes às regiões de Goiatuba/GO, Maracaju/MS e Uberaba/MG

Variável/Região	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valor mais provável
Produtividade (tc/ha)			
Maracaju	69,0	104,0	96,38
Uberaba	69,0	104,0	79,90
Goiatuba	69,0	104,0	90,88
Quantidade de ATR (kg ATR/tc)			
Maracaju	118,0	150,6	131,91
Uberaba	118,0	150,6	137,91
Goiatuba	118,0	150,6	143,92
Preço (R\$/kg ATR)	0,3647	0,6029	0,477

Fonte: Elaborado a partir de Marques (2008), Xavier et al. (2009), PECEGE (2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015)

A partir dessas informações são gerados 28.000 dados aleatórios para cada variável, que, substituídos entre os períodos $t = 2$ e $t = 29$ por mil vezes gerarão mil VPLs simulados, de cujos retornos são extraídos os desvios-padrão (δ).

4.4 Modelo Binomial

Os desvios-padrão (δ) dos retornos dos VPL simulados a partir do método de Monte Carlo são utilizados para o cálculo dos parâmetros necessários à construção do modelo binomial, quais sejam, movimento ascendente do ativo subjacente sujeito a risco (u), movimento descendente do ativo subjacente sujeito a risco (d), probabilidade de movimento ascendente do ativo subjacente sujeito a risco (p) e probabilidade de movimento descendente do ativo subjacente sujeito a risco ($1-p$), cujos valores encontram-se expostos na Tabela 27.

Tabela 27 - Valores dos parâmetros utilizados para o modelo binomial multiplicativo

Parâmetro	δ	u	d	P	$(1-p)$	V_0	X
Goiatuba	0,3172	1,37326	0,7282	0,4871	0,5129	R\$ 22.257.157,99	R\$ 26.983.704,85
Maracaju	0,3421	1,4078	0,7103	0,4761	0,5239	R\$ 4.838.002,16	R\$ 8.089.008,67
Uberaba	0,1573	1,1703	0,8545	0,5950	0,4050	R\$ 1.515.340,02	R\$ 5.433.550,04

Fonte: Resultados da pesquisa

De posse dos parâmetros, é construída a árvore de eventos para cada região, sobre a qual é imposta a opção de adiamento; a fim de tornar a representação dos resultados mais didática, a árvore de eventos do ativo subjacente ao risco e a árvore do valor apurado para a opção de adiamento em cada região são apresentadas de forma resumida e separadamente para cada região analisada.

As Tabelas 28 e 29 exibem, respectivamente, as representações simplificadas do modelo binomial multiplicativo para o valor do ativo subjacente sujeito a risco e do modelo binomial multiplicativo para o valor da opção de adiamento em Goiatuba/GO. Os modelos binomiais multiplicativos completos para o ativo subjacente sujeito a risco e valor da opção de adiamento referentes ao projeto de Goiatuba/GO podem ser vistos nos Anexos D e E, respectivamente.

Tabela 28 - Representação simplificada do modelo binomial multiplicativo para o valor do ativo subjacente sujeito a risco – Goiatuba/GO (R\$ milhões)

0	1	2	Período				
			...	...	13	14	15
22,26	30,56	41,97	...	...	1374,79	1887,94	2592,62
0,00	16,21	22,26	...	...	729,01	1001,12	1374,79
0,00	0,00	11,80	...	...	386,57	530,86	729,01
0,00	0,00	0,00	...	...	204,99	281,50	386,57
0,00	0,00	0,00	...	...	108,70	149,27	204,99
0,00	0,00	0,00	...	...	57,64	79,15	108,70
0,00	0,00	0,00	...	...	30,56	41,97	57,64
0,00	0,00	0,00	...	...	16,21	22,26	30,56
0,00	0,00	0,00	...	...	8,59	11,80	16,21
0,00	0,00	0,00	...	...	4,56	6,26	8,59
0,00	0,00	0,00	...	...	2,42	3,32	4,56
0,00	0,00	0,00	...	...	1,28	1,76	2,42
0,00	0,00	0,00	...	...	0,68	0,93	1,28
0,00	0,00	0,00	...	...	0,36	0,49	0,68
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,26	0,68
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,19

Fonte: Resultados da pesquisa

Tabela 29 - Representação simplificada do modelo binomial multiplicativo para o valor da opção de adiamento – Goiatuba/GO (R\$ milhões)

0	1	2	Período				
			...	...	13	14	15
12,77	19,41	29,12	...	...	1349,96	1862,05	2565,63
0,00	7,53	11,79	...	...	704,18	975,23	1347,80
0,00	0,00	4,11	...	...	361,74	504,98	702,03
0,00	0,00	0,00	...	...	180,15	255,61	359,59
0,00	0,00	0,00	...	...	83,87	123,39	178,00
0,00	0,00	0,00	...	...	32,81	53,27	81,72
0,00	0,00	0,00	...	...	8,34	16,09	30,66
0,00	0,00	0,00	...	...	0,78	1,67	3,58
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00

Fonte: Resultados da pesquisa

As Tabelas 30 e 31, por sua vez, exibem, respectivamente, as representações simplificadas dos modelos binomiais multiplicativos para o valor do ativo subjacente sujeito a risco e para o valor da opção de adiamento em Maracaju/MS. Os modelos binomiais multiplicativos completos para o ativo subjacente sujeito a risco e valor da opção de adiamento referentes ao projeto de Maracaju/MS podem ser vistos nos Anexos F e G, respectivamente.

Tabela 30 - Representação simplificada do modelo binomial multiplicativo para o valor do ativo subjacente sujeito a risco – Maracaju/MS (R\$ milhões)

Período							
0	1	2	...	...	13	14	15
4,84	6,81	9,59	...	...	412,91	581,31	818,39
0,00	3,44	4,84	...	...	208,33	293,29	412,91
0,00	0,00	2,44	...	...	105,11	147,98	208,33
0,00	0,00	0,00	...	...	53,03	74,66	105,11
0,00	0,00	0,00	...	...	26,76	37,67	53,03
0,00	0,00	0,00	...	...	13,50	19,01	26,76
0,00	0,00	0,00	...	...	6,81	9,59	13,50
0,00	0,00	0,00	...	...	3,44	4,84	6,81
0,00	0,00	0,00	...	...	1,73	2,44	3,44
0,00	0,00	0,00	...	...	0,87	1,23	1,73
0,00	0,00	0,00	...	...	0,44	0,62	0,87
0,00	0,00	0,00	...	...	0,22	0,31	0,44
0,00	0,00	0,00	...	...	0,11	0,16	0,22
0,00	0,00	0,00	...	...	0,06	0,08	0,11
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,04	0,11
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,03

Fonte: Resultados da pesquisa

Tabela 31 - Representação simplificada do modelo binomial multiplicativo para o valor da opção de adiamento – Maracaju/MS (R\$ milhões)

0	1	2	Período		13	14	15
			...	...			
2,51	3,98	6,20	...	...	405,47	573,55	810,30
0,00	1,39	2,27	...	...	200,88	285,53	404,82
0,00	0,00	0,70	...	...	97,67	140,22	200,24
0,00	0,00	0,00	...	...	45,59	66,90	97,02
0,00	0,00	0,00	...	...	19,31	29,91	44,94
0,00	0,00	0,00	...	...	6,38	11,25	18,67
0,00	0,00	0,00	...	...	1,13	2,47	5,41
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00

Fonte: Resultados da pesquisa

Quanto aos modelos binomiais multiplicativos para o ativo subjacente sujeito a risco e para o valor da opção de adiamento em Uberaba/MG, estes são representados de forma simplificada nas Tabelas 32 e 33, respectivamente. Os modelos binomiais multiplicativos completos para o ativo subjacente sujeito a risco e valor da opção de adiamento referentes ao projeto de Uberaba/MG podem ser vistos nos Anexos H e I, respectivamente.

Tabela 32 - Representação simplificada do modelo binomial multiplicativo para o valor do ativo subjacente sujeito a risco – Uberaba/MG (R\$ milhões)

0	1	2	Período				
			...	...	13	14	15
1,52	1,77	2,08	...	...	11,71	13,70	16,04
0,00	1,29	1,52	...	...	8,55	10,00	11,71
0,00	0,00	1,11	...	...	6,24	7,30	8,55
0,00	0,00	0,00	...	...	4,56	5,33	6,24
0,00	0,00	0,00	...	...	3,33	3,89	4,56
0,00	0,00	0,00	...	...	2,43	2,84	3,33
0,00	0,00	0,00	...	...	1,77	2,08	2,43
0,00	0,00	0,00	...	...	1,29	1,52	1,77
0,00	0,00	0,00	...	...	0,95	1,11	1,29
0,00	0,00	0,00	...	...	0,69	0,81	0,95
0,00	0,00	0,00	...	...	0,50	0,59	0,69
0,00	0,00	0,00	...	...	0,37	0,43	0,50
0,00	0,00	0,00	...	...	0,27	0,31	0,37
0,00	0,00	0,00	...	...	0,20	0,23	0,27
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,17	0,27
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,14

Fonte: Resultados da pesquisa

Tabela 33 - Representação simplificada do modelo binomial multiplicativo para o valor da opção de adiamento – Uberaba/MG (R\$ mil)

0	1	2	Período				
			...	...	13	14	15
76,09	114,73	171,71	...	...	6707,15	8489,18	10601,84
0,00	27,28	43,02	...	...	3547,42	4791,28	6274,12
0,00	0,00	7,00	...	...	1372,82	2091,39	3114,38
0,00	0,00	0,00	...	...	263,07	460,87	807,42
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	...	...	0,00	0,00	0,00

Fonte: Resultados da pesquisa

Assim, somando-se o valor calculado da opção de adiamento ao VPL de sua respectiva região, obtêm-se o VPL expandido, que exprime o valor do projeto ante a flexibilidade gerencial de adiamento do mesmo ao longo do tempo. A Tabela 34 descreve o VPL, valor da opção e VPL expandido para cada uma das regiões analisadas.

Tabela 34 - VPL, valor da opção e VPL expandido para Goiatuba/GO, Maracaju/MS e Uberaba/MG

Região	Goiatuba		Maracaju		Uberaba	
VPL Tradicional	-R\$	4.726.546,86	-R\$	3.251.006,50	-R\$	3.918.210,03
Valor da Opção	R\$	12.774.411,36	R\$	2.514.292,71	R\$	76.086,52
VPL Expandido	R\$	8.047.864,50	-R\$	736.713,79	-R\$	3.842.123,50

Fonte: Resultados da pesquisa

Como explicitado na Tabela 34, o único projeto a apresentar VPL expandido superior a zero é o de Goiatuba/GO. Isso, contudo, não significa, diante do arcabouço teórico das opções reais, que o investimento deva ser realizado no período zero, mas sim que, apesar de apresentar um VPL negativo, a flexibilidade gerencial de investimento em períodos posteriores acaba por gerar um valor positivo para o projeto, justificando que o mesmo seja mantido como uma opção de investimento futuro.

No caso de Maracaju/MS, o valor da opção de adiamento não é suficiente, por si só, para produzir um VPL expandido superior à zero, ou seja, o projeto não faria jus a um acompanhamento por parte do investidor para a possibilidade de realização do mesmo em um período futuro. Uberaba/MG apresentou, comparativamente às demais regiões analisadas, o valor mais deprimido da opção de adiamento, fato que, associado ao seu resultado de VPL tradicional, culminou com o pior VPL expandido do estudo, sendo também rejeitado como opção futura de investimento.

Comparando o valor da opção de adiamento com o valor do projeto de cada região constata-se incrementos da ordem de 57,26% sobre o valor do projeto de Goiatuba/GO, enquanto em Maracaju/MS o valor do projeto considerando o valor da opção é 51,97% superior ao valor sem opção; em Uberaba/MG, a opção de adiamento provoca aumento de 5,02% no valor do projeto (Tabela 35).

Tabela 35 - Valores dos projetos com e sem opção para Goiatuba/GO, Maracaju/MS e Uberaba/MG

Região	Valor do Projeto sem Opção	Valor do projeto com Opção	$\Delta\%$
Goiatuba/GO	R\$ 22.257.157,99	R\$ 35.031.569,35	57,39%
Maracaju/MS	R\$ 4.838.002,16	R\$ 7.352.294,87	51,97%
Uberaba/MG	R\$ 1.515.400,02	R\$ 1.591.486,54	5,02%

Fonte: Resultados da pesquisa

No entanto, é razoável ponderar que mudanças nas variáveis dos projetos poderiam alterar a percepção dos VPL expandidos dos mesmos. Assim, tal como realizado para o método do fluxo de caixa descontado, procede-se uma análise dos pontos de inflexão do sinal do VPL expandido para as principais variáveis de risco consideradas neste estudo.

Para Goiatuba/GO, o projeto estaria no limite de ser rejeitado como opção futura de investimento diante de uma redução de 5,3% do preço do ATR, de R\$ 0,477/kg de ATR R\$ 0,4515/kg de ATR; da mesma forma, uma redução de 5,4% da quantidade de ATR ou diminuição da produtividade para 83,43 tc/ha (-8,2%) levariam, também, o projeto a uma situação de VPL expandido igual a zero; por outro lado, o projeto suportaria um aumento de 38,7% do preço da terra ou 16,9% dos custos com corte carregamento e transporte (Tabela 36) mantendo-se, ainda, como opção de investimento em aberto para períodos posteriores.

Tabela 36 - Pontos de inflexão que tornam o VPL expandido=0 no projeto de Goiatuba/GO: análise via modelo de opções reais

Variável	Valor Original	VPL Expandido= 0	$\Delta\%$
Produtividade (tc/ha)	90,88	83,43	-8,2%
Preço ATR (R\$/kg ATR)	0,477	0,4515	-5,3%
ATR (kg ATR/tc)	143,92	136,10	-5,4%
Preço da Terra (R\$/ha)	14.093,20	19.545,55	38,7%
TMA (%)	5,45%	-	-
Custo CCT (R\$/tc)	21,62	25,26	16,9%

Fonte: Resultados da pesquisa.

Em Maracaju/MS, a análise dos pontos de inflexão mostra que pequenas oscilações das variáveis consideradas podem tornar o projeto uma opção factível de investimento futuro.

De fato, como observado na Tabela 10, oscilações positivas de 1,2% de quantidade de ATR e preço do ATR, ou aumento de 2,4% da produtividade do canavial geram VPL expandido igual à zero; não obstante, a redução de 3,7% nos custos com corte, colheita e transporte ou a possibilidade de adquirir terra a um preço 8,7% inferior ao considerado também resultam em VPL expandido igual a zero (Tabela 37).

Ainda, por apresentar fluxo de caixa convencional, permite-se, no caso de Maracaju/MS, o estabelecimento da taxa mínima de atratividade necessária para zerar o VPL expandido - 5,01% -, valor maior que a taxa de juros livre de risco e relativamente próximo à taxa mínima considerada no estudo (5,45%) (Tabela 37).

Tabela 37 - Pontos de inflexão que tornam o VPL expandido=0 no projeto de Maracaju/MS: análise via modelo de opções reais

Variável	Valor Original	VPL Expandido = 0	$\Delta\%$
Produtividade (tc/ha)	96,38	98,7	2,4%
Preço ATR (R\$/kg ATR)	0,477	0,4825	1,2%
ATR (kg ATR/tc)	131,91	133,44	1,2%
Preço da Terra (R\$/ha)	14.097,62	12.869,12	-8,7%
TMA (%)	5,45%	5,01%	-8,1%
Custo CCT (R\$/tc)	27,57	26,56	-3,7%

Fonte: Resultados da pesquisa

Já o projeto em Uberaba/MG apresenta VPL expandido igual a zero frente a aumentos de 14,1% no preço do ATR, 14,3% na quantidade de ATR ou 26,7% de produtividade do canavial. Por outro lado, uma redução superior a 71,9% no preço da terra, bem como de 31,5% nos custos com corte, carregamento e transporte deixariam também o projeto em uma situação limite de rejeição como opção de investimento futuro (Tabela 38). A exigência de maiores oscilações das variáveis consideradas deve-se ao fato de ser este o projeto com menor valor da opção de adiamento.

Tabela 38 - Pontos de inflexão que tornam o VPL expandido=0 no projeto de Uberaba/MG: análise via modelo de opções reais

Variável	Valor Original	VPL Expandido = 0	$\Delta\%$
Produtividade (tc/ha)	79,90	101,21	26,7%
Preço ATR (R\$/kg ATR)	0,477	0,5441	14,1%
ATR (kg ATR/tc)	137,91	157,69	14,3%
Preço da Terra (R\$/ha)	15.952,12	4.482,41	-71,9%
TMA (%)	0,0545		
Custo CCT (R\$/tc)	29,28	20,06	-31,5%

Fonte: Resultados da pesquisa

Ademais, cumpre ressaltar a avaliação da opção de adiamento para os projetos em questão exprime um novo parâmetro de comparação entre os projetos, frente à avaliação através do VPL tradicional. Conforme apresentado, em se considerando os VPLs tradicionais, o projeto cujo resultado é menos desfavorável é o referente à Maracaju/MS, seguido de Uberaba/MG e, por fim, Goiatuba/GO. Contudo, os VPLs expandidos apontam noutra direção: nesse caso, Goiatuba/GO seria superior a Maracaju/MS e Uberaba/MG.

Por fim, contrastando-se as informações provenientes de ambas as análises, fluxo de caixa descontado e opções reais, é possível dimensionar o impacto da consideração da opção de adiamento frente à determinação dos valores das variáveis que suportam a rejeição dos projetos em questão.

Como se observa na Tabela 39, a opção de adiamento estabelece que o projeto seria rejeitado a partir de uma produtividade inferior a 83,43 tc/ha, valor 15,6% inferior ao estabelecido através da avaliação tradicional; quanto ao preço do ATR, o limite de aceitação do projeto com flexibilidade gerencial de adiamento é de 0,4515 R\$/kg ATR, ou seja, 10,5% a menos que no caso do VPL tradicional; de forma semelhante, a quantidade de ATR limite para rejeição da atividade estabelecida a partir da aplicação da opção é 10,6% inferior aquela considerada para o VPL tradicional.

Tabela 39 - Valores de indiferença financeira para o projeto de Goiatuba/GO: comparação entre método de fluxo de caixa descontado e da Teoria de Opções Reais – variáveis selecionadas

Variável	Valor Original	VPL Trad. = 0	VPL Exp. = 0	$\Delta\%$ (Exp./Trad.)
Produtividade (tc/ha)	90,88	98,83	83,43	-15,6%
Preço ATR(R\$/kg ATR)	0,477	0,5042	0,4515	-10,5%
ATR (kg ATR/tc)	143,92	152,26	136,10	-10,6%
Preço da Terra (R\$/ha)	14.093,20	10.254,35	19.545,55	90,6%
TMA (%)	5,45%	-	-	-
Custo CCT (R\$/tc)	21,62	17,73	25,26	42,5%

Fonte: Resultados da pesquisa

Em contrapartida, a consideração da opção de adiamento no projeto canavieiro em Goiatuba/GO permite tanto o limite do preço pago pela terra, 90,6% superior ao valor tradicional, quanto o custo com corte, carregamento e transporte, 42,5% superior à análise do VPL sem opção.

Em Maracaju/MS, a rejeição do projeto canavieiro quando considerada a opção de adiamento é definida a partir de produtividade 13,6% inferior à considerada no VPL tradicional; nesse sentido, admite-se um preço de ATR 7,0% inferior à análise tradicional, bem como 7,1% a menos de quantidade de ATR na cana (Tabela 40).

Tabela 40 - Valores de indiferença financeira para o projeto de Maracaju/MS: comparação entre método de fluxo de caixa descontado e da Teoria de Opções Reais – variáveis selecionadas

Variável	Valor Original	VPL Trad. = 0	VPL Exp.	$\Delta\%$ (Exp./Trad.)
Produtividade (tc/ha)	96,38	114,19	98,7	-13,6%
Preço ATR (R\$/kg ATR)	0,477	0,5189	0,4825	-7,0%
ATR (kg ATR/tc)	131,91	143,67	133,44	-7,1%
Preço da Terra (R\$/ha)	14.097,62	7.974,87	12.869,12	61,4%
TMA (%)	5,45%	2,99%	5,01%	67,6%
Custo CCT (R\$/tc)	27,57	22,09	26,56	20,2%

Fonte: Resultados da pesquisa

Quanto a Uberaba/MG, a produção canavieira seria mantida como opção futura de investimento com valores inferiores em 11,0% para produtividade, 6,8% para preço de ATR e 6,9% para quantidade de ATR, comparativamente aos valores observados quando da análise tradicional (Tabela 41).

Tabela 41 - Valores de indiferença financeira para o projeto de Uberaba/MG: comparação entre método de fluxo de caixa descontado e da Teoria de Opções Reais – variáveis selecionadas

Variável	Valor Original	VPL Trad. = 0	VPL Exp.	$\Delta\%$ (Exp./Trad.)
Produtividade (tc/ha)	79,90	113,76	101,21	-11,0%
Preço ATR (R\$/kg ATR)	0,477	0,5836	0,5441	-6,8%
ATR (kg ATR/tc)	137,91	169,36	157,69	-6,9%
Preço da Terra (R\$/ha)	15.952,12	2.596,76	4.482,41	72,6%
TMA (%)	5,45%	-	-	-
Custo CCT (R\$/tc)	29,28	14,63	20,06	37,1%

Fonte: Resultados da pesquisa

Ainda de acordo com a Tabela 41, o projeto não seria rejeitado de imediato, existindo ainda como opção de investimento futuro, diante de um preço de terra 72,6% superior ao determinado para o VPL tradicional, assim como um custo de CCT 37,1% superior àquela metodologia.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Realizada a avaliação de projetos com base no fluxo de caixa descontado e apuração do Valor Presente Líquido constatou-se, dadas as premissas adotadas, cenário de inviabilidade econômica na produção canavieira para as três regiões analisadas.

Uma vez considerada a opção de adiamento, através da análise de opções reais, na avaliação dos projetos em questão, verificou-se viabilidade do projeto de Goiatuba/GO, além de melhora significativa do resultado para Maracaju/MS, embora insuficiente para tornar o mesmo viável; para Uberaba/MG o incremento do valor da opção ao VPL tradicional pouco alterou a rentabilidade da atividade.

Ainda, a análise de opções reais incorporada à avaliação dos projetos supracitados evidenciou um novo ordenamento, no que tange a atratividade dos mesmos. Enquanto a avaliação tradicional indica ser o projeto referente a Maracaju/MS o menos desfavorável, seguido de Uberaba/MG e Goiatuba/GO, os VPLs expandidos apontam outro resultado: considerada a flexibilidade gerencial de adiar o projeto à espera de novas informações acerca do setor, o projeto de Goiatuba/GO mostra-se superior, seguido de Maracaju/MS e Uberaba/MG.

Não obstante, tem-se, como desdobramento da aplicação da opção de adiamento uma maior maleabilidade frente às variáveis sujeitas a risco consideradas no estudo, haja vista as análises de pontos de inflexão dos VPLs. De fato, em todos os casos houve, comparativamente à avaliação tradicional, uma redução dos valores de produtividade, quantidade de ATR e preço do ATR necessários à viabilização dos projetos; por outro lado, os preços de terra bem como os custos com corte, colheita e transporte poderiam ser mais altos, quando comparados à avaliação tradicional.

O trabalho tem como limitações as curtas séries de dados relativos à produção canavieira nas regiões consideradas, devido ao fato de ser o cultivo da cana-de-açúcar ainda recente nessas regiões. Ademais, a premissa de que novos projetos de produção canavieira replicariam coeficientes técnicos concernentes aos projetos já em andamento acaba por desconsiderar possíveis melhorias passíveis de realização por parte de novos investidores, face à realidade produtiva regional.

Frisa-se, ainda, que o período considerado no estudo (safra 2007/08 a 2014/15) apresentou grande oscilação de produtividade, preço e qualidade da matéria prima nas regiões analisadas; tais oscilações, quando incorporadas à análise de risco, corroboraram para a

obtenção de altas volatilidades associadas aos projetos, e, conseqüentemente, em altos valores de opção de adiamento no caso de Goiatuba/GO e Maracaju/MS.

Por fim, indica-se como sugestão para novos trabalhos a incorporação de outras opções na avaliação de projetos canavieiros, considerando, assim, alternativas no que tange aflexibilidade gerencial inerente a esses empreendimentos. Ainda, é bem-vinda uma discussão mais apurada acerca dos efeitos da carga tributária na viabilidade econômico-financeira desses projetos, uma vez que, em um cenário de margens líquidas estreitas, variações dos tributos à que estão sujeitos os projetos de produção canavieira podem implicar em diferentes resultados na avaliação dos mesmos.

REFERÊNCIAS

- AMRAM, M.; KULATILAKA, N. Strategy and shareholder value creation: the real options frontier, Bank of America. **Journal of Mathematical Economics**, Oxford, v. 13, n. 2, p. 8-21, 2000.
- ANDRADE, M.C. de. **Modernização e pobreza: a expansão da agroindústria canavieira e seu impacto ecológico e social**. São Paulo: Ed. UNESP, 1994. 250 p.
- ASSAF NETO, A. **Finanças corporativas e valor**. São Paulo: Atlas, 2012. 762 p.
- BLACK, F.; SCHOLES, M. The pricing of options and corporate liabilities. **Journal of Political Economy**, Chicago, v. 81, n. 3, p. 637-659, 1973.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **ZAE cana 2009**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/Orientacoes_Tecnicas/ZAE_Cana.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2016.
- _____. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2014/15 a 2024/25**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/PROJECOES_DO_AGRONEGOCIO_2025_WEB.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2016.
- _____. Ministério da Fazenda. Receita Federal do Brasil. **Legislação por assunto**. Disponível em: <http://idg.receita.fazenda.gov.br/acesso-rapido/legislacao/legislacao-por-assunto/legislacao-por-assuntos>. Acesso em: 01 maio 2016.
- BUARQUE, C. **Avaliação econômica de projetos: uma apresentação didática**. Rio de Janeiro: Campus, 1991. 266 p.
- CARDOSO, B.F.; SHIKIDA, P.F.A. Aspectos da produção e zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar no Centro-Oeste. **Revista Economia & Tecnologia**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 77-87, 2014.
- CARDOSO, C.E. **Determinação dos limites de entrada e saída de um projeto de investimento em uma lavoura de café com aplicação da teoria de opções reais**. 2007. 178 p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2007.
- CENTENARO, M. **Um estudo sobre investimento direto externo no setor sucroenergético do Estado do Mato Grosso do Sul**. 2012. 196 p. Tese (Doutorado em Administração) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2012.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: BNDES; Brasília: CGEE, 2008. 314 p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. **Perfil do setor do açúcar e do álcool no Brasil**. Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_10_02_11_28_41_perfil_sucro_2012.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2014.

_____. **Séries históricas**. 2016. Disponível em:
<<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&>>. Acesso em: 05 jun. 2016.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Contribuição sindical CNA 2015**. Disponível em: <<http://canaldoprodutor.com.br/contribuicao-sindical-2015/>>. Acesso em: 12 jun. 2015.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Campo futuro: resultados 2015**. Brasília: CNA; SENAR. 2015. 191 p.

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de instruções**. 5. ed. Piracicaba, 2006. 112 p.

COPELAND, T.; ANTIKAROV, V. **Opções reais: um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimentos**. Campus: Rio de Janeiro, 2001. 320 p.

COSTA, L.G.T.A.; COSTA, L.R.T.A.; ALVIM, M.A. **Valuation: manual de avaliação e reestruturação econômica de empresas**. São Paulo: Atlas, 2010. 392 p.

COX, J.C.; ROSS, S.A.; RUBINSTEIN, M. Option pricing: a simplified approach. **Journal of financial Economics**, New York, v. 7, n. 3, p. 229-263, 1979.

DE ZEN, M. J.C.M. **Avaliação e gerenciamento de investimento na indústria de carnes: uma abordagem das opções reais na consideração do risco**. 2005. 137 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

DIXIT, A.K.; PINDYCK, R.S. **Investment under uncertainty**. New Jersey: Princeton University Press, 1994. 476 p.

EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS. **EPE 2015**. Disponível em:
<<http://www.epe.gov.br/PDEE/Relat%C3%B3rio%20Final%20do%20PDE%202024.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2016.

FAO. **FAOSTAT 2016**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>>. Acesso em: 05 jun. 2016.

GITMAN, L.J. **Princípios de administração financeira**. 7. ed. São Paulo: Harbra, 1997. 841 p.

HARTMANN, M.; HASSAN, A. Application of real options analysis for pharmaceutical R&D project valuation: empirical results from a survey. **Research Policy**, Amsterdam, v. 35, n. 3, p. 343-354, 2006.

HERTZ, D.B. Risk analysis in capital investment. **Harvard Business Review**, Cambridge, v. 42, n. 1, p. 95-106, 1964.

INFORMA ECONOMICS FNP. – Consultoria e Informações em Agronegócios, **AGRIANUAL 2008: anuário da agricultura brasileira**. São Paulo; IFNP, 2007. 502 p.

_____. **AGRIANUAL 2009: anuário da agricultura brasileira**. São Paulo; IFNP, 2008. 497 p.

_____. **AGRIANUAL 2010**. Anuário da agricultura brasileira. São Paulo; IFNP, 2009, 520 p.

_____. **AGRIANUAL 2011**. Anuário da agricultura brasileira. São Paulo; IFNP, 2010, 482p.

_____. **AGRIANUAL 2012**. Anuário da agricultura brasileira. São Paulo; IFNP, 2011, 482p.

_____. **AGRIANUAL 2013**. Anuário da agricultura brasileira. São Paulo; IFNP, 2012, 480p.

_____. **AGRIANUAL 2014**. Anuário da agricultura brasileira. São Paulo; IFNP, 2013, 463p.

_____. **AGRIANUAL 2015**. Anuário da agricultura brasileira. São Paulo; IFNP, 2014, 472

_____. **AGRIANUAL 2016**. Anuário da agricultura brasileira. São Paulo; IFNP, 2015, 456p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades@**. Disponível em: < <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php?lang=>>. Acesso em 10 jan. 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Biocombustíveis no Brasil: etanol e biodiesel**. Brasília, 2010. 62 p. (Comunicados do IPEA, 53). Disponível em: <https://www.novacana.com/pdf/estudos/100526_comunicadodoipea_53.pdf>. Acesso em: 01 maio 2016.

_____. **IGP-DI – geral – índice (ago. 1994=100)**. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 05 jun. 2015.

JOAQUIM, M.S.; SOUZA, A. N.; SOUZA, S. N.; PEREIRA, R. S.; ANGELO, H. The theory of real options in investment analysis of agroforestry systems. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 3, p. 439-447, 2015.

LAPPONI, J.C. **Projetos de investimento na empresa**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 487 p.

MANKIW, N.G. **Macroeconomics**. New York: Worth Publ., 2000. 553 p.

MANZATTO, C.V.; ASSAD, E.D.; BACCA, J.F.M.; ZARONI, M.J.; PEREIRA, S.E.M. **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar: expandir a produção, preservar a vida, garantir o futuro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 55 p.

MARQUES, P.V. (Coord.). **Custo de produção agrícola e industrial de açúcar e álcool no Brasil na safra 2007/2008**. Piracicaba, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas/Departamento de Economia, Administração e Sociologia. 2009. 194 p. (Relatório apresentado a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil).

MCGRATH, G.R.; NERKAR, A. Real options reasoning and a new look at the R&D investment strategies of pharmaceutical firms. **Strategic Management Journal**, New York, v. 25, n. 1, p. 1-21, 2004.

MEURER, A.P.S.; SHIKIDA, P.F.A. **Análise da agroindústria canavieira nos estados do Centro-Oeste do Brasil a partir da matriz de capacidades tecnológicas**. Curitiba: LedZe, 2014. v. 1, 104p.

MOEL, A.; TUFANO, P. When are real options exercised? An empirical study of mine closings. **Review of Financial Studies**, Oxford, v. 15, n. 1, p. 35-64, 2002.

NARDELLI, P.M.; MACEDO, M.A. da S. Análise de um projeto agroindustrial utilizando a Teoria de Opções Reais: a opção de adiamento. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 49, n. 4, p. 941-966, dez. 2011 .

NOGUEIRA, C.R.; SATO, M.K.; MARTÍN, D.M.L.; BASSO, L.F.C.; KIMURA, H. A decisão ótima de abandono do investimento em uma lavoura de café, na região de Franca, considerando os impactos do ciclo produtivo. **Facef Pesquisa**, Franca, v. 9, n. 3, p. 315-332, 2006.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO - OECD-FAO. **Agricultural outlook 2015-2024**. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i4738e.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2016.

PANTOJA, C.S. **Teoria das opções reais: uma abordagem em energia eólica**. 2013. 139 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

PESSOA, G.A. **Avaliação de projetos de mineração utilizando a teoria das opções reais em tempo discreto**: um estudo de caso em mineração de ferro. 2006. 174 p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro, 2006.

PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA EM ECONOMIA E GESTÃO DE EMPRESAS. **Custos de produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol no Brasil**: safra 2009/2010. Piracicaba, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas/Departamento de Economia, Administração e Sociologia. 2010. 100 p. (Relatório apresentado a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA).

_____. **Custos de produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol no Brasil**: fechamento da safra 2010/2011. Piracicaba, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas/Departamento de Economia, Administração e Sociologia. 2011. 140 p. (Relatório apresentado a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA).

_____. **Custos de produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol no Brasil**: fechamento da safra 2011/2012. Piracicaba, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas/Departamento de Economia, Administração e Sociologia. 2012. 50 p. (Relatório apresentado a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA).

_____. **Custos de produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol no Brasil:** fechamento da safra 2012/2013. Piracicaba, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas/Departamento de Economia, Administração e Sociologia. 2013. 50 p. (Relatório apresentado a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA).

_____. **Custos de produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol no Brasil:** fechamento da safra 2013/2014. Piracicaba, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas/Departamento de Economia, Administração e Sociologia. 2014. 50 p. (Relatório apresentado a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA).

_____. **Custos de produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol no Brasil:** fechamento da safra 2014/2015. Piracicaba, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas/Departamento de Economia, Administração e Sociologia. 2015. 50 p. (Relatório apresentado a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA).

RODRIGUES, L.; ZECHIN, M.R.; PINHEIRO, M.A. Evolução recente e perspectivas para o setor sucroenergético brasileiro. **Revista Agro em Foco**, Curitiba, v. 13, n. 2, p. 57-61, jun. 2014.

SAITO, R.; SCHIOZER, D.J.; CASTRO, G.N. de. Simulação de técnicas de engenharia de reservatórios: exemplo de utilização de opções reais. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 40, n. 2, p. 64-73, 2000.

SALVADOR, P.E. **Precificação de terrenos agrícolas através da abordagem de opções reais:** modelo com aplicação às culturas de soja e milho no Centro-oeste do Brasil. 2013. 63 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Economia) – Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2013.

SHIKIDA, P.F.A. Expansão canavieira no Centro-Oeste: limites e potencialidades. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 122-137, 2013.

SIQUEIRA, P.H.L. **Estratégias de crescimento e de localização da agroindústria canavieira no Brasil e suas externalidades.** 2013. 189 p. Tese (Doutorado em Administração) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

TATONI, W.M. Avaliação de projetos de investimento em cogeração de energia utilizando bagaço de cana-de-açúcar em biorrefinarias a partir do uso da teoria das opções reais. 2012. 112 p. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2012.

TRIGEORGIS, L. **Real options:** managerial flexibility and strategy in resources allocation. Cambridge: The MIT Press, 1996. 435 p.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Área cultivada com cana-de-açúcar/Área por estado.** Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/historico-de-area-ibge.php?idMn=33&tipoHistorico=5>>. Acesso em: 05 jun. 2016a.

_____. **Frota brasileira de automóveis e veículos comerciais leves (ciclo Otto).**

Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/listagem.php?idMn=55>>. Acesso em: 05 jun. 2016b.

UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA- UDOP. **Usinas/destilarias no mundo.**

Disponível em: <http://www.udop.com.br/index.php?item=unidades&cn=am&id_pais=1>. Acesso em: 05 jun. 2016.

UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **Biofuels annual:**

biofuels ethanol and biodiesel. 2015. Disponível em:

<http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Biofuels%20Annual_Sao%20Paulo%20ATO_Brazil_8-4-2015.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2016.

_____. **Brazil sugar annual report.** 2016. Disponível em:

<http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Sugar%20Annual_Sao%20Paulo%20ATO_Brazil_4-15-2016.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2016.

VIAN, C.E.F. **Agroindústria canavieira: estratégias competitivas e modernização.**

Campinas: Átomo, 2003. 216 p.

VIAN, C.E.F.; MORAES, M.A.F.D. de. Um estudo sobre o progresso técnico e as relações de trabalho na agroindústria canavieira nacional. In: SEMINÁRIO DE HISTÓRIA DO AÇÚCAR: HISTÓRIA E CULTURA MATERIAL, 1., 2005, Itu. **Anais...** São Paulo: USP, 2005. 1 CD ROM.

WORLD WILDLIFE FUND - WWF BRASIL. **Análise da expansão do complexo agroindustrial canavieiro do Brasil.** Disponível em:

<http://assets.wwf.org.br/downloads/microsoft_word___relatorio_cana_versao_final_28mai2008_documento_consulta_publica.pdf>. Acesso em 10 jan. 2015.

XAVIER, C.E.O.; ZILIO, L.B.; SONODA, D.Y.; MARQUES, P.V. **Custos de Produção de cana-de-açúcar, açúcar e etanol no Brasil: safra 2008/09.** Piracicaba, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Programa de Educação Continuada em Gestão de Empresas/Departamento de Economia, Administração e Sociologia. 2009. 82 p. (Relatório apresentado a confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA)

XU, L.; SEPEHRNOORI, K.; DYER, J.; VAN RENSBURG, W.C. Application of real options to valuation and decision-making in the Petroleum E&P Industry. In: SPE HYDROCARBON ECONOMICS AND EVALUATION SYMPOSIUM, Calgary, 2012, Alberta.

ZILIO, L.B. **Atratividade de canaviais paulistas sob a ótica da Teoria das Opções Reais.** 2014. 121. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

ZILLI, J.B. **Valoração das propriedades rurais em Carazinho/RS e Cascavel/PR: uma análise das opções reais.** 2010. 147 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

ANEXOS

Anexo A – Fluxo de Caixa para o projeto canavieiro em Goiatuba/GO (em R\$ mil)

(continua)

Período	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Receita Bruta		751,49	1641,07	2530,65	3420,23	4309,81	5199,39	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27
- Venda de Cana		0,00	1039,88	2079,76	3119,64	4159,51	5199,39	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27
- Arrendamento		751,49	601,19	450,89	300,60	150,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Custos Operacionais		1063,52	1600,44	2137,35	2674,27	3211,19	3748,11	4075,55	4075,55	4075,55	4075,55	4075,55	4075,55	4075,55	4075,55
- Preparo de solo		125,51	125,51	125,51	125,51	125,51	125,51	125,51	125,51	125,51	125,51	125,51	125,51	125,51	125,51
- Plantio		677,64	677,64	677,64	677,64	677,64	677,64	677,64	677,64	677,64	677,64	677,64	677,64	677,64	677,64
- Tratos culturais cana planta		79,64	79,64	79,64	79,64	79,64	79,64	79,64	79,64	79,64	79,64	79,64	79,64	79,64	79,64
- Tratos culturais cana soca		0,00	209,48	418,96	628,44	837,93	1047,41	1047,41	1047,41	1047,41	1047,41	1047,41	1047,41	1047,41	1047,41
- CCT		0,00	327,44	654,88	982,31	1309,75	1637,19	1964,63	1964,63	1964,63	1964,63	1964,63	1964,63	1964,63	1964,63
- Administração		180,72	180,72	180,72	180,72	180,72	180,72	180,72	180,72	180,72	180,72	180,72	180,72	180,72	180,72
- Despesa de arrendamento		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lucro Operacional Bruto		-312,03	40,63	393,30	745,96	1098,62	1451,28	2163,72	2163,72	2163,72	2163,72	2163,72	2163,72	2163,72	2163,72
Tributos		0,00	68,10	107,17	146,23	185,29	224,36	263,42	263,42	263,42	263,42	263,42	263,42	263,42	263,42
- Taxa associativa		0,00	15,15	30,29	45,44	60,59	75,74	90,88	90,88	90,88	90,88	90,88	90,88	90,88	90,88
- CNA		0,00	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35
- FUNRURAL		0,00	23,92	47,83	71,75	95,67	119,59	143,50	143,50	143,50	143,50	143,50	143,50	143,50	143,50
- FUNDERSUL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
- ITR		0,00	21,69	21,69	21,69	21,69	21,69	21,69	21,69	21,69	21,69	21,69	21,69	21,69	21,69
Depreciação		143,72	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00
Lucro Antes do IR		-455,75	-451,47	-137,87	175,73	489,32	802,92	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30
Imposto de Renda		196,75	155,41	114,08	72,75	31,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lucro Operacional Líquido		-652,49	-606,88	-251,95	102,98	457,91	802,92	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30
Investimento Total	11730,03	6413,87	4509,83	0,00	0,00	0,00	941,56	230,16	52,31	0,00	1427,66	1611,11	180,99	0,00	230,16
- Aquisição de terras	9019,65	4509,83	4509,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
- Maquinário	2055,37	1611,11	0,00	0,00	0,00	0,00	941,56	230,16	0,00	0,00	1302,12	1611,11	0,00	0,00	230,16
- Implementos	655,01	292,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	52,31	0,00	125,54	0,00	180,99	0,00	0,00
Lucro Operacional Líquido		-652,49	-606,88	-251,95	102,98	457,91	802,92	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30
Depreciação		143,72	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00
Fluxo de Caixa Operacional	-11730,03	-6922,64	-4692,71	172,05	526,98	881,91	285,36	1670,14	1847,99	1900,30	472,63	289,19	1719,31	1900,30	1670,14

Anexo A – Fluxo de caixa para o projeto canavieiro em Goiatuba/GO (em R\$ mil) (conclusão)

15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27
6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27	6239,27
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4075,55	4075,55	4075,55	4075,55	4075,55	4075,55	4075,55	4075,55	4075,55	4075,55	4075,55	4075,55	4075,55	4075,55	4075,55	4075,55
125,51	125,51	125,51	125,51	125,51	125,51	125,51	125,51	125,51	125,51	125,51	125,51	125,51	125,51	125,51	125,51
677,64	677,64	677,64	677,64	677,64	677,64	677,64	677,64	677,64	677,64	677,64	677,64	677,64	677,64	677,64	677,64
79,64	79,64	79,64	79,64	79,64	79,64	79,64	79,64	79,64	79,64	79,64	79,64	79,64	79,64	79,64	79,64
1047,41	1047,41	1047,41	1047,41	1047,41	1047,41	1047,41	1047,41	1047,41	1047,41	1047,41	1047,41	1047,41	1047,41	1047,41	1047,41
1964,63	1964,63	1964,63	1964,63	1964,63	1964,63	1964,63	1964,63	1964,63	1964,63	1964,63	1964,63	1964,63	1964,63	1964,63	1964,63
180,72	180,72	180,72	180,72	180,72	180,72	180,72	180,72	180,72	180,72	180,72	180,72	180,72	180,72	180,72	180,72
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2163,72	2163,72	2163,72	2163,72	2163,72	2163,72	2163,72	2163,72	2163,72	2163,72	2163,72	2163,72	2163,72	2163,72	2163,72	2163,72
263,42	263,42	263,42	263,42	263,42	263,42	263,42	263,42	263,42	263,42	263,42	263,42	263,42	263,42	263,42	263,42
90,88	90,88	90,88	90,88	90,88	90,88	90,88	90,88	90,88	90,88	90,88	90,88	90,88	90,88	90,88	90,88
7,35	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35	7,35
143,50	143,50	143,50	143,50	143,50	143,50	143,50	143,50	143,50	143,50	143,50	143,50	143,50	143,50	143,50	143,50
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21,69	21,69	21,69	21,69	21,69	21,69	21,69	21,69	21,69	21,69	21,69	21,69	21,69	21,69	21,69	21,69
424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00
1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30
296,17	1286,80	0,00	0,00	0,00	1950,75	1836,04	0,00	0,00	160,06	0,00	941,56	0,00	224,93	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	941,56	0,00	0,00	0,00	1825,21	1836,04	0,00	0,00	0,00	0,00	941,56	0,00	224,93	0,00	0,00
296,17	345,24	0,00	0,00	0,00	125,54	0,00	0,00	0,00	160,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30	1476,30
424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00	424,00
1604,12	613,50	1900,30	1900,30	1900,30	-50,46	64,26	1900,30	1900,30	1740,23	1900,30	958,74	1900,30	1675,37	1900,30	14178,83

Anexo B – Fluxo de Caixa para o projeto canavieiro em Maracaju/MS. (R\$ mil)

(continua)

Período	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Receita Bruta		279,03	688,15	1097,27	1506,39	1915,51	2324,63	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56
- Venda de Cana		0,00	464,93	929,85	1394,78	1859,70	2324,63	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56
- Arrendamento		279,03	223,22	167,42	111,61	55,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Custos Operacionais		412,48	703,95	995,43	1286,90	1578,37	1869,84	2073,57	2073,57	2073,57	2073,57	2073,57	2073,57	2073,57	2073,57
- Preparo de solo		45,80	45,80	45,80	45,80	45,80	45,80	45,80	45,80	45,80	45,80	45,80	45,80	45,80	45,80
- Plantio		289,02	289,02	289,02	289,02	289,02	289,02	289,02	289,02	289,02	289,02	289,02	289,02	289,02	289,02
- Tratos culturais cana planta		18,05	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05
- Tratos culturais cana soca		0,00	87,74	175,47	263,21	350,94	438,68	438,68	438,68	438,68	438,68	438,68	438,68	438,68	438,68
- CCT		0,00	203,74	407,47	611,21	814,94	1018,68	1222,41	1222,41	1222,41	1222,41	1222,41	1222,41	1222,41	1222,41
- Administração		59,61	59,61	59,61	59,61	59,61	59,61	59,61	59,61	59,61	59,61	59,61	59,61	59,61	59,61
- Despesa de arrendamento		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lucro Operacional Bruto		-133,45	-15,81	101,84	219,49	337,14	454,79	715,98	715,98	715,98	715,98	715,98	715,98	715,98	715,98
Tributos		27,60	69,65	111,71	153,76	195,81	237,87	279,92	279,92	279,92	279,92	279,92	279,92	279,92	279,92
- Taxa associativa		0,00	0,52	1,03	1,55	2,07	2,59	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10
- CNA		2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76
- FUNRURAL		0,00	10,69	21,39	32,08	42,77	53,47	64,16	64,16	64,16	64,16	64,16	64,16	64,16	64,16
- FUNDERSUL		0,00	30,84	61,69	92,53	123,38	154,22	185,06	185,06	185,06	185,06	185,06	185,06	185,06	185,06
- ITR		24,84	24,84	24,84	24,84	24,84	24,84	24,84	24,84	24,84	24,84	24,84	24,84	24,84	24,84
Depreciação		24,48	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66
Lucro Antes do IR		-185,53	-110,12	-34,52	41,07	116,67	192,26	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40
Imposto de Renda		66,82	51,47	36,13	20,78	5,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lucro Operacional Líquido		-252,35	-161,59	-70,65	20,29	111,23	192,26	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40
Investimento Total	4191,10	1948,36	1945,47	0,00	0,00	0,63	0,00	31,39	0,00	0,00	216,46	0,00	52,31	0,00	31,39
- Aquisição de terras	3890,94	1945,47	1945,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
- Maquinário	220,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,39	0,00	0,00	188,64	0,00	0,00	0,00	31,39
- Implementos	80,14	2,89	0,00	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00	27,83	0,00	52,31	0,00	0,00
Lucro Operacional Líquido		-252,35	-161,59	-70,65	20,29	111,23	192,26	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40
Depreciação		24,48	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66
Fluxo de Caixa Operacional	-4191,10	-2176,23	-2082,40	-45,99	44,95	135,27	216,92	404,67	436,06	436,06	219,59	436,06	383,75	436,06	404,67

Anexo B – Fluxo de Caixa para o projeto canavieiro em Maracaju/MS. (R\$ mil)

(conclusão)

15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56
2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56	2789,56
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2073,57	2073,57	2073,57	2073,57	2073,57	2073,57	2073,57	2073,57	2073,57	2073,57	2073,57	2073,57	2073,57	2073,57	2073,57	2073,57
45,80	45,80	45,80	45,80	45,80	45,80	45,80	45,80	45,80	45,80	45,80	45,80	45,80	45,80	45,80	45,80
289,02	289,02	289,02	289,02	289,02	289,02	289,02	289,02	289,02	289,02	289,02	289,02	289,02	289,02	289,02	289,02
18,05	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05	18,05
438,68	438,68	438,68	438,68	438,68	438,68	438,68	438,68	438,68	438,68	438,68	438,68	438,68	438,68	438,68	438,68
1222,41	1222,41	1222,41	1222,41	1222,41	1222,41	1222,41	1222,41	1222,41	1222,41	1222,41	1222,41	1222,41	1222,41	1222,41	1222,41
59,61	59,61	59,61	59,61	59,61	59,61	59,61	59,61	59,61	59,61	59,61	59,61	59,61	59,61	59,61	59,61
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
715,98	715,98	715,98	715,98	715,98	715,98	715,98	715,98	715,98	715,98	715,98	715,98	715,98	715,98	715,98	715,98
279,92	279,92	279,92	279,92	279,92	279,92	279,92	279,92	279,92	279,92	279,92	279,92	279,92	279,92	279,92	279,92
3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10	3,10
2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76	2,76
64,16	64,16	64,16	64,16	64,16	64,16	64,16	64,16	64,16	64,16	64,16	64,16	64,16	64,16	64,16	64,16
185,06	185,06	185,06	185,06	185,06	185,06	185,06	185,06	185,06	185,06	185,06	185,06	185,06	185,06	185,06	185,06
24,84	24,84	24,84	24,84	24,84	24,84	24,84	24,84	24,84	24,84	24,84	24,84	24,84	24,84	24,84	24,84
24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66
411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40
0,63	2,89	0,00	0,00	0,00	216,46	31,39	0,00	0,00	52,31	0,63	0,00	0,00	31,39	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	188,64	31,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,39	0,00	0,00
0,63	2,89	0,00	0,00	0,00	27,83	0,00	0,00	0,00	52,31	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40	411,40
24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66
435,43	433,17	436,06	436,06	436,06	219,59	404,67	436,06	436,06	383,75	435,43	436,06	436,06	404,67	436,06	4009,18

Anexo C – Fluxo de Caixa para o projeto canavieiro em Uberaba/MG. (R\$ mil)

(continua)

Período	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Receita Bruta		181,81	364,45	547,08	729,72	912,35	1094,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98
- Venda de Cana		0,00	219,00	437,99	656,99	875,99	1094,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98
- Arrendamento		181,81	145,45	109,09	72,72	36,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Custos Operacionais		247,93	401,84	555,75	709,66	863,58	1017,49	1114,98	1114,98	1114,98	1114,98	1114,98	1114,98	1114,98	1114,98
- Preparo de solo		37,32	37,32	37,32	37,32	37,32	37,32	37,32	37,32	37,32	37,32	37,32	37,32	37,32	37,32
- Plantio		176,43	176,43	176,43	176,43	176,43	176,43	176,43	176,43	176,43	176,43	176,43	176,43	176,43	176,43
- Tratos culturais cana planta		15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82
- Tratos culturais cana soca		0,00	56,42	112,84	169,26	225,68	282,10	282,10	282,10	282,10	282,10	282,10	282,10	282,10	282,10
- CCT		0,00	97,49	194,98	292,47	389,97	487,46	584,95	584,95	584,95	584,95	584,95	584,95	584,95	584,95
- Administração		18,36	18,36	18,36	18,36	18,36	18,36	18,36	18,36	18,36	18,36	18,36	18,36	18,36	18,36
- Despesa de arrendamento		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lucro Operacional Bruto		-66,12	-37,40	-8,67	20,05	48,77	77,50	199,00	199,00	199,00	199,00	199,00	199,00	199,00	199,00
Tributos		4,84	11,21	17,58	23,95	30,32	36,68	43,05	43,05	43,05	43,05	43,05	43,05	43,05	43,05
- Taxa associativa		0,00	1,33	2,66	4,00	5,33	6,66	7,99	7,99	7,99	7,99	7,99	7,99	7,99	7,99
- CNA		2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12
- FUNRURAL		0,00	5,04	10,07	15,11	20,15	25,18	30,22	30,22	30,22	30,22	30,22	30,22	30,22	30,22
- FUNDERSUL		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
- ITR		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
- Taxa sindicato		0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
Depreciação		30,63	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48
Lucro Antes do IR		-101,59	-80,08	-57,73	-35,37	-13,02	9,34	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47
Imposto de Renda		40,08	30,08	20,09	10,09	1,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lucro Operacional Líquido		-141,67	-110,17	-77,81	-45,46	-14,45	9,34	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47
Investimento Total	2780,37	1228,38	1216,35	0,00	0,00	13,39	0,00	69,31	11,51	0,00	201,47	0,00	36,09	12,03	69,31
- Aquisição de terras	2432,70	1216,35	1216,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
- Maquinário	247,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	69,31	0,00	0,00	178,66	0,00	0,00	0,00	69,31
- Implementos	99,70	12,03	0,00	0,00	0,00	13,39	0,00	0,00	11,51	0,00	22,81	0,00	36,09	12,03	0,00
Lucro Operacional Líquido		-141,67	-110,17	-77,81	-45,46	-14,45	9,34	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47
Depreciação		30,63	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48
Fluxo de Caixa Operacional	-2780,37	-1339,43	-1295,04	-46,34	-13,98	3,63	40,81	86,64	144,44	155,95	-45,52	155,95	119,86	143,92	86,64

Anexo C – Fluxo de Caixa para o projeto canavieiro em Uberaba/MG. (R\$ mil) (conclusão)

15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	0,00
1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	1313,98	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1114,98	1114,98	1114,98	1114,98	1114,98	1114,98	1114,98	1114,98	1114,98	1114,98	1114,98	1114,98	1114,98	1114,98	1114,98	0,00
37,32	37,32	37,32	37,32	37,32	37,32	37,32	37,32	37,32	37,32	37,32	37,32	37,32	37,32	37,32	0,00
176,43	176,43	176,43	176,43	176,43	176,43	176,43	176,43	176,43	176,43	176,43	176,43	176,43	176,43	176,43	0,00
15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	15,82	0,00
282,10	282,10	282,10	282,10	282,10	282,10	282,10	282,10	282,10	282,10	282,10	282,10	282,10	282,10	282,10	0,00
584,95	584,95	584,95	584,95	584,95	584,95	584,95	584,95	584,95	584,95	584,95	584,95	584,95	584,95	584,95	0,00
18,36	18,36	18,36	18,36	18,36	18,36	18,36	18,36	18,36	18,36	18,36	18,36	18,36	18,36	18,36	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
199,00	199,00	199,00	199,00	199,00	199,00	199,00	199,00	199,00	199,00	199,00	199,00	199,00	199,00	199,00	0,00
43,05	43,05	43,05	43,05	43,05	43,05	43,05	43,05	43,05	43,05	43,05	43,05	43,05	43,05	43,05	0,00
7,99	7,99	7,99	7,99	7,99	7,99	7,99	7,99	7,99	7,99	7,99	7,99	7,99	7,99	7,99	0,00
2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	0,00
30,22	30,22	30,22	30,22	30,22	30,22	30,22	30,22	30,22	30,22	30,22	30,22	30,22	30,22	30,22	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,00
0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,00
31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	0,00
124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	0,00
42,68	11,51	0,00	0,00	0,00	201,47	69,31	0,00	0,00	47,60	13,39	12,03	0,00	69,31	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	178,66	69,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	69,31	0,00	0,00
42,68	11,51	0,00	0,00	0,00	22,81	0,00	0,00	0,00	47,60	13,39	12,03	0,00	0,00	0,00	0,00
124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	124,47	0,00
31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	31,48	0,00
113,27	144,44	155,95	155,95	155,95	-45,52	86,64	155,95	155,95	108,35	142,56	143,92	155,95	86,64	155,95	1141,96

Anexo D – Árvore Binomial Multiplicativa do ativo subjacente sujeito a risco para o projeto de Goiatuba/GO. (R\$ milhão)

Período (em anos)															
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
22,26	30,56	41,97	57,64	79,15	108,70	149,27	204,99	281,50	386,57	530,86	729,01	1001,12	1374,79	1887,94	2592,62
0,00	16,21	22,26	30,56	41,97	57,64	79,15	108,70	149,27	204,99	281,50	386,57	530,86	729,01	1001,12	1374,79
0,00	0,00	11,80	16,21	22,26	30,56	41,97	57,64	79,15	108,70	149,27	204,99	281,50	386,57	530,86	729,01
0,00	0,00	0,00	8,59	11,80	16,21	22,26	30,56	41,97	57,64	79,15	108,70	149,27	204,99	281,50	386,57
0,00	0,00	0,00	0,00	6,26	8,59	11,80	16,21	22,26	30,56	41,97	57,64	79,15	108,70	149,27	204,99
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,56	6,26	8,59	11,80	16,21	22,26	30,56	41,97	57,64	79,15	108,70
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,32	4,56	6,26	8,59	11,80	16,21	22,26	30,56	41,97	57,64
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,42	3,32	4,56	6,26	8,59	11,80	16,21	22,26	30,56
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,76	2,42	3,32	4,56	6,26	8,59	11,80	16,21
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,28	1,76	2,42	3,32	4,56	6,26	8,59
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,93	1,28	1,76	2,42	3,32	4,56
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68	0,93	1,28	1,76	2,42
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,68	0,93	1,28
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,49	0,68
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,68

Anexo F - Árvore Binomial Multiplicativa do ativo subjacente sujeito a risco para o projeto de Maracaju/MS. (R\$ milhão)

Período (em anos)															
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4,84	6,81	9,59	13,50	19,01	26,76	37,67	53,03	74,66	105,11	147,98	208,33	293,29	412,91	581,31	818,39
0,00	3,44	4,84	6,81	9,59	13,50	19,01	26,76	37,67	53,03	74,66	105,11	147,98	208,33	293,29	412,91
0,00	0,00	2,44	3,44	4,84	6,81	9,59	13,50	19,01	26,76	37,67	53,03	74,66	105,11	147,98	208,33
0,00	0,00	0,00	1,73	2,44	3,44	4,84	6,81	9,59	13,50	19,01	26,76	37,67	53,03	74,66	105,11
0,00	0,00	0,00	0,00	1,23	1,73	2,44	3,44	4,84	6,81	9,59	13,50	19,01	26,76	37,67	53,03
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,87	1,23	1,73	2,44	3,44	4,84	6,81	9,59	13,50	19,01	26,76
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62	0,87	1,23	1,73	2,44	3,44	4,84	6,81	9,59	13,50
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,62	0,87	1,23	1,73	2,44	3,44	4,84	6,81
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,44	0,62	0,87	1,23	1,73	2,44	3,44
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,31	0,44	0,62	0,87	1,23	1,73
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,22	0,31	0,44	0,62	0,87
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,16	0,22	0,31	0,44
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,11	0,16	0,22
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,08	0,11
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,11
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03

Anexo G - Árvore Binomial Multiplicativa do valor da opção de adiamento para o projeto de Maracaju/MS. (R\$ milhão)

[illegible]

Anexo H - Árvore Binomial Multiplicativa do ativo subjacente sujeito a risco para o projeto de Uberaba/MG. (R\$ milhão)

Período (em anos)															
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1,52	1,77	2,08	2,43	2,84	3,33	3,89	4,56	5,33	6,24	7,30	8,55	10,00	11,71	13,70	16,04
0,00	1,29	1,52	1,77	2,08	2,43	2,84	3,33	3,89	4,56	5,33	6,24	7,30	8,55	10,00	11,71
0,00	0,00	1,11	1,29	1,52	1,77	2,08	2,43	2,84	3,33	3,89	4,56	5,33	6,24	7,30	8,55
0,00	0,00	0,00	0,95	1,11	1,29	1,52	1,77	2,08	2,43	2,84	3,33	3,89	4,56	5,33	6,24
0,00	0,00	0,00	0,00	0,81	0,95	1,11	1,29	1,52	1,77	2,08	2,43	2,84	3,33	3,89	4,56
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69	0,81	0,95	1,11	1,29	1,52	1,77	2,08	2,43	2,84	3,33
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,59	0,69	0,81	0,95	1,11	1,29	1,52	1,77	2,08	2,43
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,59	0,69	0,81	0,95	1,11	1,29	1,52	1,77
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	0,50	0,59	0,69	0,81	0,95	1,11	1,29
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,43	0,50	0,59	0,69	0,81	0,95
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,37	0,43	0,50	0,59	0,69
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,31	0,37	0,43	0,50
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,27	0,31	0,37
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,23	0,27
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,27
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14

Anexo I - Árvore Binomial Multiplicativa do valor da opção de adiamento para o projeto de Uberaba/MG. (R\$ mil)

[illegible]