

Um Modelo de Decisão para o Gerenciamento de Ativos na Indústria Sucroalcooleira

Thárcylla Rebecca Negreiros Clemente

UFPE

Caixa Postal, 7471, Recife-PE, 50.630-971.

thnegreiros@ymail.com

Adiel Teixeira de Almeida Filho

UFPE

Caixa Postal, 7471, Recife-PE, 50.630-971.

atalmeidafilho@yahoo.com.br

RESUMO

A decisão que envolve o gerenciamento de ativos é comumente observada no contexto organizacional. Este tipo de problema, em geral, consiste nas decisões sobre quanto e em quais ativos investir o capital disponível. Para responder a esta questão, o presente artigo considera uma abordagem baseada em análise de decisão para formular um modelo de decisão para o problema de gerenciamento de ativos no contexto da indústria sucroalcooleira brasileira.

PALAVRAS CHAVE. Gerenciamento de Ativos, Análise de Decisão, Análise Bayesiana, Indústria Sucroalcooleira.

ABSTRACT

The decision regarding asset management is commonly observed in the organizational context. This type of problem usually consists in deciding how much and in which assets to invest the available budget. To address this issue, this article considers the approach based on decision analysis to present a decision model for asset management in the Brazilian sugarcane industry context.

KEYWORDS. Asset Management, Decision Analysis, Bayesian Analysis, Sugarcane Industry.

1. Introdução

No contexto organizacional, as decisões são reconhecidas como recursos fundamentais para o desempenho operacional. Presentes em todos os níveis, as decisões, em geral, são tomadas seguindo um raciocínio lógico a partir do conhecimento sobre o contexto para atingir as expectativas do decisor. Desta forma, o processo decisório consiste na definição de etapas sequenciadas com o objetivo de solucionar um problema (OLDCORN e PARKER, 1998).

Simon (1965) aborda a sequência do processo decisório pelo cumprimento das etapas de percepção, de análise e de definição do problema; seguidas pela procura de alternativas para a solução deste. Como etapas finais são definidas a alternativa mais adequada e a avaliação comparativa entre as alternativas, para que a efetiva implementação da solução seja feita.

Para o decisor, a melhor alternativa de decisão é aquela que melhor responde às suas expectativas. Pela Teoria da Utilidade, o decisor preocupa-se em tomar decisões com base em informações que assegurem a maximização de seus ganhos, o que favorece o entendimento dos impactos e do risco consequentes das possíveis ações (PARMIGIANI e INOUE, 2009).

Os conceitos da Teoria da Utilidade podem ser aplicados em diversos contextos de estudo e contribuem para uma avaliação do comportamento do decisor em situações envolvendo incertezas sobre suas ações. Nas organizações, as decisões sobre investimentos apresentam características para a aplicação dessa teoria.

As decisões sobre investimentos em negócios, em geral, caracterizam-se pelo tratamento de problemas não-estruturados, requisitando um alto nível de conhecimento conceitual por parte do decisor, ou grupo de decisores. Os tipos de problemas envolvidos neste contexto podem variar entre a introdução de um novo produto no mercado, o aumento da capacidade produtiva ou a atuação da organização em um novo segmento de mercado (Souza, 2007).

O motivo das decisões sobre investimentos é a resposta sobre em que e o quanto investir em cada tipo de negócio, para que o retorno seja maximizado. De posse do conhecimento sobre o contexto e o potencial de investimento da organização, é possível que a incerteza inerente ao contexto seja tratada. Para este tratamento, é comum a utilização de modelos baseados nos conceitos e recursos estocásticos, que consideram as distribuições probabilísticas para responder sobre os comportamentos dos parâmetros incertos.

A partir das contribuições de Markowitz (1952) e Ferreira *et al.* (2009) o presente artigo se propõe a estruturar e apresentar um modelo de decisão para problemas sobre o investimento em ativos na indústria sucroalcooleira. O problema de seleção de ativos é discutido na literatura como um caso de influência para o progresso organizacional, o que incentiva a abordagem estratégica sobre o assunto.

O estudo de caso se concentra nos indicadores econômicos da indústria sucroalcooleira brasileira. Para 2011, espera-se que a produção de cana-de-açúcar nacional apresente índices em torno de 666.800.096 toneladas, o que é incentivado pelo investimento de alternativas ao petróleo, bem como a produção de vários subprodutos, que abastecem o mercado interno e o externo (IBGE, 2011).

Como recursos para a modelagem do problema, serão adotados os conceitos da Análise de Decisão, capazes de interpretar os diversos aspectos envolvidos no contexto de decisão, bem como de responder efetivamente sobre o processo racional do decisor, no tratamento de parâmetros incertos.

2. O Gerenciamento de Ativos

Quando são discutidas as preocupações envolvidas no processo de investimentos nos negócios das organizações, Fabozzi e Markowitz (2002) destacam alguns aspectos: (i) determinar os objetivos do investimento; (ii) alocar os fundos de investimento em produtos que o investidor possa avaliar seu valor; (iii) especificar estratégias de investimento; (iv) dada a estratégia, assumir padrões de construção de portfólios; e, (v) avaliar o desempenho do investidor.

Em geral, o problema que envolve a gestão dos investimentos diz respeito à forma de alocar recursos escassos entre diferentes projetos que melhor atendam às necessidades dos investidores, considerando-se que estes esperam maior retorno em relação à aversão ao risco que

possuem. Quanto maior a aversão ao risco, maior a propensão de investir em ativos de renda fixa, mesmo que estes não apresentem retornos superiores.

Markowitz (1952) introduziu o problema de seleção de portfólios na perspectiva da combinação dos investimentos de melhor relação risco-retorno. Neste trabalho, o autor considera que dependendo da correlação entre os ativos de uma carteira de investimentos, a relação risco-retorno poderia ser reduzida através da combinação de investimentos entre os ativos. Markowitz (1952) explana o conceito de diversificação de investimentos, o que permite aos investidores financiar parcelas do capital disponível nos ativos selecionados, sendo a soma destas parcelas o total do capital disponível para os investimentos.

Pelo princípio de diversificação de investimentos, o retorno esperado não é conhecido ao certo, o que abriga os índices de risco sobre o processo. No entanto, o retorno pode ser estimado, considerando os indicadores de risco para minimizar as perdas associadas aos investimentos. Estes indicadores são identificados em função das taxas financeiras apresentadas pelo mercado.

Para cada combinação de ativos, há uma relação risco-retorno diferente. No modelo de Markowitz (1952), é possível considerar uma fronteira eficiente destas combinações. Esta fronteira identifica os melhores pontos das relações de risco-retorno de uma carteira de investimentos, o que significa uma representação geométrica das melhores alternativas de investimentos dentre o número de ativos selecionados.

Segundo Xidonas *et al.* (2009), as principais etapas do processo de seleção de portfólios consistem no planejamento, execução e *feedback* do investimento. Na fase de planejamento, os objetivos dos investimentos são definidos, bem como as expectativas do mercado de capitais. Na etapa de execução, o agente econômico estrutura o portfólio e integra a estratégia do negócio com as expectativas do mercado para identificar quais ativos são mais interessantes para seu plano. Em seguida, o *feedback* é o momento em que o agente monitora e avalia suas ações tendo como referência seu plano de ação.

Estas etapas do processo de seleção de portfólios podem ser descritas sob a perspectiva da Análise de Decisão, o que é pertinente devido à utilização de conceitos e representações matemáticas conduzir a formulação de um modelo coerente para o tratamento do problema.

3. Investimentos sob a perspectiva da Análise de Decisão

A Análise de Decisão é uma disciplina que trata de problemas de decisão considerando a incerteza inerente ao contexto do problema. Sua aplicação é eficiente em diversos contextos organizacionais e possibilita a resolução de problemas de decisão de forma racional, considerando situações de incerteza (BERGER, 1985).

Em problemas de decisão, a incerteza sobre as consequências da ação adotada é inerente ao contexto. Estas apenas são conhecidas quando a efetiva ação é tomada. Para o tratamento da incerteza, a Análise de Decisão adota conceitos estatísticos para a validação dos resultados de suas análises, utilizando parâmetros sobre distribuições de probabilidade (HANSSON, 2011).

Os parâmetros utilizados pela Análise de Decisão descrevem as categorias dos estados do problema de decisão, as observações ou os dados experimentais sobre o problema, as possíveis ações a serem tomadas e os diversos ganhos e/ou perdas envolvidos em todo o processo de tomada de decisão.

A interação desses elementos, em geral, é representada pelas regras de decisão, que indica a melhor ação a ser adotada pelo decisor no contexto. Em geral, esses elementos são representados por conjuntos de estruturas matemáticas (PARMIGIANI e INOUE, 2009).

De acordo com Xidonas *et al.* (2009), uma das primeiras etapas do processo de seleção de portfólio é a percepção da situação que envolve o problema de decisão. Isso significa que devem ser definidos alguns conjuntos de variáveis que influenciam na definição de alternativas para os problemas de decisão, através da coleta e aquisição do maior número de dados e informações possível.

3.1. Conjunto de Estados da Natureza

O estado da natureza é um conjunto de variáveis que não estão sob o controle do decisor, mas que influenciam a definição de suas preferências sobre a situação. A representação matemática deste conjunto é expressa em (1).

$$\theta = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n\} \quad (1)$$

Neste conjunto podem ser inseridas as ações dos agentes econômicos, alterações na política governamental, disponibilidade de matéria-prima para a produção, desequilíbrios ambientais que possam influenciar na produção agrícola, desastres, acidentes, incêndios, etc.

3.2. Conjunto de Observações

A pesquisa de mercado e a análise dos dados são recursos fundamentais para a aquisição de informações sobre o estado da natureza. A expressão (2) é uma representação matemática deste conjunto.

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \quad (2)$$

O conjunto de observações, em geral, apresenta fácil disponibilidade e acessibilidade, uma vez que é constituído de indicadores socioeconômicos e resultados da pesquisa de campo.

3.3. Conjunto de Ações

Em problemas de decisão sobre investimentos, as ações devem responder sobre a alocação de recursos financeiros. Os investidores podem optar por distribuir parcelas do capital disponível sobre os ativos selecionados. O conjunto de ações pode ser representado por (3), e para o presente trabalho, respeita-se a restrição de que a soma das ações em determinado contexto resulta no total do capital disponível.

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\} \quad e \quad \sum_{i=1}^n a_i = 1 \quad (3)$$

Esta restrição permite que sejam delineadas diversas combinações. Assim, os investidores podem assumir a posição de investir todo o capital, investir parte do capital ou não investir em um ativo, em determinado contexto. O investimento de parte do capital pode variar de acordo com o objetivo e interesse do investir. Algumas combinações serão apresentadas no estudo de caso.

3.4. Conjunto de Payoffs

Para o decisor, são entregues as consequências de suas ações de acordo com o estado da natureza selecionado. Estas consequências são descritas em forma de lucro ou perda para cada ativo de acordo com o investimento aplicado. Este conjunto pode ser matematicamente representado por (4).

$$P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\} \quad (4)$$

De acordo com Ferreira (2009), essas consequências podem ser entendidas como o retorno acumulado sobre cada investimento multiplicado pelo valor investido V no ativo i , no intervalo de t instâncias. Considerando o valor do capital a ser investido por C , tem-se P expresso em (5).

$$P = C * \left(\sum_{i=1}^n a_i * \prod_{i=1}^t \left(1 + \left(\frac{V_t - V_{t-1}}{V_{t-1}} \right) \right) \right) \quad (5)$$

Em que o produtório apresentado corresponde ao retorno acumulado do investimento em um ativo, dentro de um determinado intervalo de tempo.

De posse das informações essenciais para a formulação do problema, o que se pretende obter são regras que traduzam alternativas de decisão. Para tal, são adotadas distribuições de probabilidade a partir da interação dos conjuntos de elementos apresentados pela Análise de Decisão.

3.5. Mecanismos de Probabilidade

A estimativa do ganho de um p , dado que em certo estado da natureza θ foi tomada uma decisão a , é calculada pela função consequência. O valor dos *payoffs* pode ser considerado como a soma ponderada dos retornos acumulados pelo percentual investido em cada ativo. A representação matemática da função consequência é expressa em (6).

$$P(p|\theta, a) = \sum_{i=1}^n a_i P(p|\theta) \quad (6)$$

Além da pesquisa de mercado, podem-se obter informações sobre o estado da natureza a partir do conhecimento de especialistas. Esse tipo de informação é denominado como conhecimento *a priori* e tem a representação de uma distribuição de probabilidade: $\pi(\theta)$. No contexto de investimentos em ativos, a distribuição *a priori* pode ser estimada pela frequência relativa das séries históricas dos dados disponíveis sobre o estado da natureza.

A probabilidade de ocorrência de uma observação dado que um determinado estado da natureza permaneça em períodos consecutivos é representada pela função de verossimilhança: $P(x|\theta)$.

O uso da Função Utilidade para estimar o valor dado pelo investidor para o retorno acumulado dos ativos é oportuno, uma vez que esta função permite a representação de diversos comportamentos de um mesmo decisor em diferentes instâncias, com relação ao risco associado a cada ação. De acordo com as contribuições de Bernoulli (1954), o comportamento da função utilidade em relação a investimentos financeiros é interpretado de forma que quanto mais recursos se possuem, menos risco o decisor está disposto a enfrentar, o que incentiva o estudo sobre tais parâmetros.

Considerando-se que uma decisão possui um custo de oportunidade associado, a perda decorrente de uma decisão tomada em um determinado estado da natureza é reconhecida pela função inversa da utilidade do decisor, expressa em (7).

$$L(\theta, a) = - \int_p U(p) P(p|\theta, a) dp \quad (7)$$

O modelo de decisão tem como objetivo a escolha de uma regra que minimize o risco associado ao processo de decisão sobre investimentos em ativos na indústria sucroalcooleira brasileira. A medida de risco utilizada se refere ao valor esperado da perda, discutido por Souza (2007). Dado que se tome determinada ação, o risco associado a esta pode ser calculado pela expressão (8).

$$r_a(x) = \sum_{\theta} L(\theta, a) P(x|\theta) \pi(\theta) \quad (8)$$

As etapas que compõem o processo de seleção de portfólio, descritas por Xidonas *et al.* (2009), são seguidas pelo estudo de caso.

4. Estudo de Caso: Indústria Sucroalcooleira Brasileira

A União da Indústria de Cana-de-açúcar (UNICA) classifica o Brasil como o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, apresentando a região Centro-Sul do país como sua principal área produtora com cerca de 90% do total da produção, enquanto que a região Nordeste representa a produção dos 10% restantes. Devido ao volume de produção destacado na região Centro-Sul do país, esta será o foco do trabalho. A Tabela 1 apresenta a estimativa de produção de cana-de-açúcar para o ano de 2011

Tabela 1 – Área plantada, área colhida e produção, por ano da safra e produto

Safra 2011 – Cana-de-açúcar			
Mês/ano: Março de 2011			
Região Geográfica	Área plantada (hectares)	Área colhida (hectares)	Produção (toneladas)
Norte	48.156	40.363	2.801.775
Nordeste	1.297.547	1.171.933	68.528.797
Centro-Oeste	1.454.259	1.309.983	107.555.944
Sudeste	6.154.663	5.326.232	432.455.026
Sul	677.870	675.894	55.458.554
Brasil	9.632.495	8.524.405	666.800.096

Fonte: IBGE – Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (2011)

A produção de cana-de-açúcar nas diversas regiões do país oferece diversos subprodutos utilizados como alternativas para o desenvolvimento do mercado interno e externo. Dentre os subprodutos oferecidos destacam-se o açúcar cristal, o etanol anidro e o etanol hidratado, os quais serão considerados como ativos de investimento para o problema proposto.

O Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) apresenta séries históricas dos indicadores econômicos desses ativos, disponíveis no endereço eletrônico empós referenciado. A partir dessa coleção de dados, foi possível construir uma base de dados com índices mensais no intervalo de Janeiro de 2006 a Março de 2011.

A distribuição de probabilidade apresentada pelos indicadores utilizados aproxima-se de uma distribuição normal, o que simplifica a obtenção de resultados inferenciais. Neste trabalho, propõe-se a aplicação do modelo proposto por Ferreira *et al.* (2009).

4.1. O Problema de Gerenciamento dos Ativos

Supondo que uma organização disponibilize R\$ 100.000,00 de seu capital para investir nos três ativos apresentados: açúcar, etanol anidro e etanol hidratado (a_1 , a_2 , a_3 , respectivamente). Seu problema é distribuir esse total dentre as opções de investimento.

Considerando-se a relação descrita pela expressão (3), o conjunto de ações pode ser representado por qualquer combinação das parcelas do capital disponível. A Tabela 2 apresenta as parcelas selecionadas para o caso proposto (FERREIRA *et al.*, 2009).

Tabela 2 – Conjunto de Ações

	a_1	a_2	a_3
A_0	1	0	0
A_1	0	1	0
A_2	0	0	1
A_3	1/3	1/3	1/3
A_4	1/2	1/4	1/4
A_5	1/4	1/2	1/4
A_6	1/4	1/4	1/2

As ações correspondem à efetiva ação de investir. Os valores apresentados pela Tabela 2 indicam o percentual do capital a ser investido em determinado ativo. Para o modelo proposto, considera-se a restrição de que todo o capital disponível deve ser alocado dentre os ativos.

O retorno sobre o investimento corresponde aos benefícios obtidos pela ação de investir, neste caso, o retorno obtido corresponde a valores monetários. Contudo, o contexto de investimento em negócios pode apresentar variações em relação a esse retorno, por tal, considera-se que ganhos sobre o investimento nos ativos possam variar entre 50% e o 200% do valor total aplicado. O que significa o conjunto de *payoffs* representado pelo vetor: $P = [50.000; 200.000]$.

A obtenção dos *payoffs* é expressão em (5), a qual relaciona o ganho de um investimento ao retorno acumulado em um intervalo de tempo. O período considerado pelo modelo corresponde a seis meses, uma margem temporal significativa. Uma análise descritiva sobre os retornos acumulados para os três ativos em análise é apresentada pela Tabela 3.

Tabela 3 – Análise Descritiva do Retorno Acumulado

Retorno Acumulado					
	N Válidos	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
R_{t1}	58	1,071046	0,022133	1,898035	0,357592
R_{t2}	58	1,049559	0,619429	1,637627	0,270414
R_{t3}	58	1,044564	0,622541	1,661794	0,279150

O número de observações válidas equivale ao número de períodos em que foi possível calcular o retorno acumulado nos seis meses anteriores. Tendo em vista esta restrição, os cinco primeiros meses da série selecionada não estão incluídos nesta análise. Entretanto, a aplicação do modelo não sofreu alterações.

A variação do retorno acumulado de cada ativo em determinado período pode ser utilizada como variável para o conjunto de estados da natureza. Como forma de representar este comportamento, as variáveis consideradas são dicotômicas. Assim, se o retorno acumulado for positivo, atribui-se o valor 1; em caso contrário, atribui-se o valor 0. A Tabela 4 apresenta as possíveis combinações de estados da natureza para os três ativos e a frequência relativa destes, observada na amostra.

Tabela 4 – Tabela de Frequência dos Estados da Natureza

	$[R_{t1}, R_{t2}, R_{t3}]$	Frequência Observada	Percentual Relativo
θ_0	[0, 0, 0]	16	25,39683
θ_1	[0, 0, 1]	2	3,17460
θ_2	[0, 1, 0]	2	3,17460
θ_3	[1, 0, 0]	8	12,69841
θ_4	[1, 1, 0]	1	1,58730
θ_5	[1, 0, 1]	2	3,17460
θ_6	[0, 1, 1]	7	11,11111
θ_7	[1, 1, 1]	20	31,74603

A partir dos dados da Tabela 4 é possível descrever a distribuição *a priori* sobre os estados da natureza. A frequência relativa dos estados da natureza é uma das diversas formas utilizadas para a identificação da distribuição *a priori*.

De acordo com o CEPEA/ESALQ, a determinação do valor dos ativos na indústria sucroalcooleira segue uma metodologia que considera alguns indicadores econômicos como variáveis influentes. Estas variáveis constituem o conjunto de observações para o modelo proposto, dessa forma, são considerados:

- O Índice Geral de Preços (IGP). Este índice consiste na média ponderada de outros

índices (IPA – Índice de Preços ao Produtor Amplo; IPC – Índice de Preços ao Consumidor; INCC – índice Nacional de Custo da Construção) que respondem as distintas atividades do processo produtivo. Dessa forma, o IGP pode ser usado como indicador da evolução dos negócios.

- Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo - 15 (IPCA-15). Este índice tem um objetivo específico de indicar a evolução dos preços de mercadorias e serviços.
- A variação do dólar é relevante para analisar o comportamento do mercado externo e sua influência do processo de precificação dos bens e serviços.
- O Produto Interno Bruto (PIB) representa a soma de todos os bens e serviços finais produzidos em determinado intervalo de tempo em uma região. É comum a utilização deste indicador para mensurar a atividade econômica de uma região.

Seguindo a mesma metodologia, cada indicador econômico analisado é considerado como uma variável dicotômica. Dessa forma, o comportamento de cada variável é avaliado por sua variação em determinado período (mensal). Assim, uma variação positiva corresponde ao valor 1 e uma variação negativa corresponde ao valor 0. Vale frisar que a variação de cada indicador desse ser interpretado de acordo com sua influência na economia.

De acordo com o número de observações e o número de valores que podem assumir, o conjunto de observações X pode ser representado por 16 possíveis combinações. A frequência relativa destas observações pode ser calculada pela Tabela 5.

A função de verossimilhança é construída pela relação dos estados da natureza com as observações contextuais. Dessa forma, para o modelo, a distribuição de probabilidade denotada por $P(x|\theta)$ é obtida pela frequência relativa da ocorrência associada entre os elementos de estado da natureza e de observação. A Tabela 5 apresenta esta relação. As células em branco correspondem a nenhuma relação entre as variáveis. A interpretação dos resultados configura-se em termos percentuais.

Tabela 5 – Função Verossimilhança

	X=0	X=1	X=2	X=3	X=4	X=5	X=6	X=7
θ_0	0,25				0,0625		0,1875	0,0625
θ_1	0,5							
θ_2				0,5		0,5		
θ_3		0,25	0,125		0,25		0,125	
θ_4								
θ_5							0,5	0,5
θ_6	0,7143			0,143				
θ_7	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05

	X=8	X=9	X=10	X=11	X=12	X=13	X=14	X=15
θ_0		0,0625		0,125	0,25			
θ_1					0,5			
θ_2								
θ_3				0,125	0,125			
θ_4	1							
θ_5								
θ_6	0,1428							
θ_7				0,1	0,1			0,1

A função consequência é uma distribuição de probabilidade condicionada à ocorrência de um estado da natureza e uma ação de investimento sobre os ativos. Pela obtenção da função consequência é possível estimar as probabilidades de aquisição dos *payoffs*.

A hipótese sobre os retornos acumulados sobre o investimento é que a distribuição de probabilidade dos valores adere para uma distribuição normal. Conforme a expressão (6), a

função consequência pode ser reformulada:

$$P(p|\theta, a) = \sum_{i=1}^n a_i \text{Normal}(p, \mu_{\theta_i}, \sigma_{\theta_i}) \quad (9)$$

Com base nesse pressuposto, é possível estimar a média e o desvio padrão de cada estado da natureza para o cálculo da função consequência de cada situação, apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Estimativa da Média e do Desvio Padrão do Retorno Acumulado

Função Consequência						
	μ_1	σ_1	μ_2	σ_2	μ_3	σ_3
θ_0	1,045045	0,379513	0,925239	0,241291	0,906143	0,235638
θ_1	0,738948	0,011998	0,797457	0,093507	0,811895	0,139427
θ_2	1,045361	0,076322	1,033689	0,053895	0,937858	0,078512
θ_3	1,087215	0,368624	1,019525	0,316438	1,011935	0,356367
θ_4	1,567134	0	1,002097	0	1,081051	0
θ_5	0,960843	0,301538	0,966175	0,17781	0,991519	0,071435
θ_6	1,065725	0,242496	1,116782	0,271818	1,125156	0,292583
θ_7	1,163463	0,320539	1,175009	0,267793	1,177562	0,263897

Os limites para os *payoffs* são úteis para desenvolver a função utilidade do investidor. Para o estudo, uma função utilidade linear descreve o interesse do investidor e simplifica os recursos computacionais do modelo. Inicialmente, são considerados os limites de [0,5; 2], sendo o resultado obtido normalizado numa escala entre [0; 1], posteriormente. A estrutura matemática da função utilidade é expressa em (10).

$$U(p) = \frac{p - 0,5}{2 - 0,5} \quad (10)$$

Obtidos os valores das variáveis envolvidas no problema, segue-se para a análise das regras de decisão quanto ao investimento sobre os ativos selecionados. Nesta etapa, a Função Perda e o Risco de Bayes são calculados, expressos respectivamente por (7) e (8).

4.2. A Função Perda e Análise do Risco de Bayes

Uma regra de decisão é o curso de ações que deve ser seguido para solucionar determinado problema, considerando todo o conhecimento adquirido sobre o contexto. Para o problema de gerenciamento de ativos, considera-se que a melhor regra de decisão é aquela em que o retorno esperado é maximizado, enquanto o risco associado ao investimento é minimizado. Desta forma, pretende-se calcular as perdas relacionadas em cada ação de investimento.

Através da Função Perda e da Função do Risco de Bayes é possível analisar as situações em que os riscos são menores. Desta forma, pode-se adotar a ação mais adequada quanto aos investimentos. A Tabela 7 apresenta os resultados do estudo.

Tabela 7 – Análise do Risco de Bayes

	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6
X=0	-0,19148	-0,09803	-0,10174	-0,09197	-0,08801	-0,09348	-0,09441
X=1	-0,04232	-0,04277	-0,04164	-0,04224	-0,04226	-0,04238	-0,04209
X=2	-0,03871	-0,03924	-0,03874	-0,03890	-0,03885	-0,03899	-0,03887
X=3	-0,11221	-0,10701	-0,10657	-0,10859	-0,10949	-0,10819	-0,10808
X=4	-0,05674	-0,05402	-0,05238	-0,05438	-0,05497	-0,05429	-0,05388
X=5	-0,07969	-0,07283	-0,07209	-0,07487	-0,07607	-0,07436	-0,07418
X=6	-0,07668	-0,06746	-0,06605	-0,07004	-0,07168	-0,06940	-0,06904
X=7	-0,04416	-0,04144	-0,04167	-0,04242	-0,04285	-0,04217	-0,04223
X=8	-0,04319	-0,02960	-0,03191	-0,03490	-0,03697	-0,03357	-0,03415
X=9	-0,01441	-0,01125	-0,01074	-0,01213	-0,01270	-0,01191	-0,01178
X=11	-0,06754	-0,06174	-0,06023	-0,06317	-0,06426	-0,06281	-0,06244
X=12	-0,10270	-0,09211	-0,08997	-0,09493	-0,09687	-0,09422	-0,09369
X=15	-0,03510	-0,03571	-0,03585	-0,03555	-0,03544	-0,03558	-0,03562

Como ilustrado pela Figura 1, as observações $X = 10$, $X = 13$ e $X = 14$ não apresentaram ocorrências, motivo pelo qual foram excluídas da análise do Risco de Bayes.

Com base na Tabela 7 pode-se verificar que a maioria das indicações para investimentos na indústria sucroalcooleira corresponde a apenas um ativo. Quando X assume os valores de 0, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11 e 12, a opção indicada é a ação A_0 . Quando X assume os valores de 1 e 2, a alternativa sugerida é a ação A_1 , enquanto que para $X = 15$, a ação A_3 é recomendada. Assim, as melhores soluções para o problema proposto foram verificadas em A_0 , A_1 e A_2 .

5. Considerações Finais

A Análise da Decisão oferece recursos capazes de estruturar os problemas de decisão pelo tratamento dos diversos elementos contextuais que influenciam a tomada de decisão. Com base neste pressuposto, foi elaborado um modelo de decisão para conduzir de forma estruturada o problema de gerenciamento de ativos na indústria sucroalcooleira brasileira.

A análise do Risco de Bayes foi utilizada como medida de risco e indicador de desempenho dos ativos selecionados. Este recurso utiliza recursos estocásticos em seus parâmetros, o que assegura a credibilidade dos resultados obtidos pelo modelo.

Com este recurso, pode-se concluir que sob determinadas considerações contextuais, as decisões sobre investimentos de maior retorno na indústria sucroalcooleira circundam sobre apenas um ativo, o açúcar cristal. No entanto, devem-se estudar as mudanças econômicas para identificar o comportamento da produção de cana-de-açúcar no Brasil e no mundo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e à FACEPE (Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco), pelo apoio na realização do trabalho.

Referências

Berger, J. O. *Statistical Decision Theory and Bayesian Analysis*. Springer-Verlag, Berlin, 1985 (Formato digital).

Bernoulli, D. (1954), Exposition of a New Theory on the Measurement of Risk, *Econometrica*, 22, 23-36.

CEPEA/ESALQ, Indicadores de preços (www.cepea.esalq.usp.br), 2011.

IBGE, Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201103_5.shtm), 2011.

Fabozzi, F.J. e Markowitz, H. Investment Management, em *The Theory and Practice of Investment Management*, Fabozzi, F.J e Markowitz, H. (Eds.), John Wiley & Sons, 3-14, 2002.

- Ferreira, R. J. P., Almeida Filho, A. T. e Souza, F. M. C.** (2009), A Decision Model for Portfolio Selection. *Pesquisa Operacional*, 29, 403-417.
- Hansson, S.O.** Decision Theory - A Brief Introduction, 2005 (<http://home.abe.kth.se/~soh/decisiontheory.pdf>), 2011.
- Markowitz, H.** (1952), Portfolio Selection, *The Journal of Finance*, 7, 77-91.
- Oldcorn, R. e Parker, D.**, *Decisão estratégica para investidores: avaliando oportunidades em mercados dinâmicos*, Tradução de Ricardo Luiz Mendes Ribeiro, Nobel, São Paulo, 1998.
- Parmigiani, G. e Inoue, L.** *Decision theory: principles and approaches*, John Wiley & Sons, Estados Unidos da América, 2009 (Formato digital).
- Simon, H. A.** *Comportamento administrativo*, USAID, Rio de Janeiro, 1965 (Formato digital).
- Souza, F.M.C.** *Decisões Racionais em Situações de Incerteza*, 2 ed., Recife, 2007.
- UNICA.** Perguntas mais frequentes sobre o setor sucroenergético, sua atuação e seus produtos (www.unica.com.br), 2011.
- Xidonas, P., Mavrotas, G. e Psarras, J.** (2009), A multicritério methodology for equity selection using financial analysis, *Computers & Operations Research*, 36, 3187-3203.