

## VIABILIDADE FINANCEIRA E RISCOS ASSOCIADOS À INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO ESTADO DO PARANÁ

[joelsio@cnpso.embrapa.br](mailto:joelsio@cnpso.embrapa.br)

*Apresentação Oral-Economia e Gestão no Agronegócio*

JOELSIO JOSÉ LAZZAROTTO<sup>1</sup>; MAURINHO LUIZ DOS SANTOS<sup>2</sup>; JOAO  
EUSTAQUIO DE LIMA<sup>3</sup>; ANÍBAL DE MORAES<sup>4</sup>.

1.EMBRAPA, LONDRINA - PR - BRASIL; 2,3.UFV, VIÇOSA - MG - BRASIL; 4.UFPR,  
CURITIBA - PR - BRASIL.

## VIABILIDADE FINANCEIRA E RISCOS ASSOCIADOS À INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO ESTADO DO PARANÁ

**Grupo de Pesquisa: Economia e Gestão do Agronegócio**

### Resumo

No setor agropecuário brasileiro, existe grande diversidade e heterogeneidade de sistemas de produção, que tendem a ser cercados por amplo número de fatores de riscos. Embora os riscos não possam ser completamente eliminados, eles podem ser minimizados mediante a adoção de algumas estratégias, como a diversificação com atividades agrícolas e pecuárias. Assim, buscou-se analisar, de forma comparativa e sob situações de riscos operacionais e de mercado, a viabilidade financeira de sistemas com integração lavoura-bovinocultura de corte frente a sistemas caracterizados pela exploração de grãos ou pela especialização na bovinocultura de corte. Em termos metodológicos, utilizando dados da agropecuária do Estado do Paraná, especialmente da microrregião de Guarapuava, foram obtidos indicadores financeiros de longo prazo: valor presente líquido, taxa interna de retorno e razão benefício/custo. Com base nos resultados, conclui-se que, tanto em situações determinísticas como de incertezas, o sistema de integração é a alternativa que propicia os melhores resultados financeiros.

**Palavras-chave:** sistemas de produção agropecuária, indicadores financeiros, probabilidades

### Abstract

In the Brazilian agriculture, there is a great diversity and heterogeneity of production systems that are subject to wide number of factors of risks. Although these risks cannot be completely eliminated, they can be minimized by adopting some strategies, as the diversification with agricultural and cattle activities. Considering operational and market risk situations, we aimed to analyze the financial viability of integrated crop-livestock systems compared to systems characterized by grain cultivation or beef cattle specialization. In methodological terms, we used data of the farming from the State of Paraná, explored in the micro-region of Guarapuava. Long term indicators were obtained: net present value, internal rate of return and cost-benefit analysis. As results, we observed that in deterministic and uncertain situations the integrated crop-livestock system is the alternative to generate the best financial results.

**Key words:** farm system, financial indicators, probabilities

### 1. INTRODUÇÃO

No setor agropecuário brasileiro, existe grande diversidade e heterogeneidade de sistemas de produção. Esses sistemas, em geral, são cercados por amplo número de fatores de

riscos, relacionados, principalmente, com a produção e o mercado. Embora esses riscos não possam ser completamente eliminados, eles poderiam ser, de certa maneira, minimizados mediante a adoção de algumas estratégias.

Dentre as estratégias que podem ser adotadas pelos agricultores para reduzir os riscos, destaca-se a diversificação de atividades produtivas. No entanto, embora a diversificação tenha grande potencial para diminuir os riscos, práticas de especialização na produção de certos produtos ainda são adotadas de forma generalizada no Brasil. A condução de sistemas produtivos baseados nessas práticas pode resultar em problemas significativos, tanto nos custos de produção como nos índices de produtividade (SANTOS *et al.*, 1993).

A baixa diversificação de atividades pode, de certo modo, ser atribuída ao fato de que os produtores, para diversificarem seus sistemas produtivos, precisam de informações acerca da tecnologia e de quais atividades devem ser exploradas para capturar os reais benefícios em termos de resultados econômicos (POPP & RUDSTROM, 2000). Nessa linha, considerando que a conjugação de atividades de produção animal e vegetal representa estratégia que pode trazer grandes benefícios técnicos e econômicos, é que está inserido este trabalho.

Operacionalmente, a integração lavoura-pecuária refere-se a sistemas onde participam atividades agrícolas e pecuárias, com um mínimo de interface entre si (MORAES *et al.*, 2007). Esses sistemas podem ser muito vantajosos, pois, entre outras coisas, diversificam as fontes de receitas, diminuem riscos de frustrações de produção e/ou de preços (CANZIANI & GUIMARÃES, 2007) e podem reduzir impactos negativos ao meio ambiente (ROTZ, 2007).

No País, é relevante destacar que, embora seja baixa a utilização de sistemas de integração lavoura-pecuária, existe uma enorme área potencial para a exploração dos mesmos durante todos os meses do ano. Tomando como base a Região Sul do Brasil, Moraes *et al.* (2007) destacam que, nos últimos anos, da área correspondente a cerca de 12,5 milhões de hectares cultivados com as principais culturas de verão (soja, milho e arroz), apenas em torno de 28% têm sido utilizados, de forma comercial, no período do inverno.

Em termos econômicos, alguns trabalhos referentes a sistemas de integração lavoura-pecuária (AMBROSI *et al.*, 1998; YOKOYAMA *et al.*, 1999; KICHEL & MIRANDA, 2001; SANTOS *et al.*, 2004; COSTA *et al.*, 2006; CANZIANI & GUIMARÃES, 2007; CONSALTER, 2008) têm evidenciado vantagens em relação a outros sistemas produtivos. Apesar disso, no Brasil ainda é muito incipiente a realização de estudos dessa natureza. Adicionalmente, a maior parte deles não realiza análises envolvendo riscos e benefícios, sobretudo para o longo prazo, da condução de práticas de integração agropecuária.

Diante dessas inferências, e baseado na agropecuária paranaense<sup>1</sup>, buscou-se analisar, de forma comparativa e sob situações de riscos operacionais e de mercado<sup>2</sup>, a viabilidade financeira de sistemas com integração lavoura-bovinocultura de corte frente a sistemas caracterizados pela exploração de grãos ou pela especialização na bovinocultura de corte.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Os pressupostos teóricos que nortearam a realização deste trabalho tratam de dois grandes pontos: 1) as decisões e os determinantes de investimentos de capital em diferentes alternativas; e 2) a tomada de decisão sob condições de riscos.

### 2.1. Investimentos de capital

Um investimento pode ser visto com uma inversão de recursos monetários que, após determinado período de tempo, gerará pagamentos futuros que compensarão o investidor com

---

<sup>1</sup> Optou-se por trabalhar com o Paraná por duas razões principais: 1) o Estado responde por expressiva parcela da produção agropecuária nacional; e 2) no Paraná existem dados de pesquisas técnicas de vários anos acerca dos sistemas de integração lavoura-pecuária.

<sup>2</sup> Neste estudo, a noção de risco operacional refere-se a possíveis problemas em termos de produtividades físicas das atividades agropecuárias. Por sua vez, riscos de mercado estão vinculados aos problemas decorrentes de flutuações que podem ocorrer, ao longo do tempo, nos preços pagos e recebidos pelos produtores rurais.

relação a três itens: 1) o tempo em que esses recursos ficaram investidos; 2) a taxa esperada de inflação; e 3) a incerteza acerca dos pagamentos futuros (REILLY & BROWN, 2003).

Em termos de determinantes dos investimentos de capital, conforme a teoria Keynesiana, tem-se principalmente a eficiência marginal do capital (EMC). A EMC, que faz referência à rentabilidade de um bem de capital, corresponde à taxa de desconto que torna o valor presente do fluxo de anuidades das rendas esperadas desse capital, durante toda a sua existência, igual ao seu preço de oferta (KEYNES, 1985).

Embora a EMC seja, na teoria Keynesiana, a principal variável relacionada com as decisões de investimento, a taxa de juros também exerce papel importante nessas decisões. Essa taxa deve ser vista como um parâmetro ao qual se comparam as expectativas de retorno, dadas pela EMC (KEYNES, 1985). Assim, o agente econômico somente se decidirá a favor do investimento se, e somente se, a eficiência marginal do bem de capital for maior ou igual à taxa de juros (REILLY & BROWN, 2003).

Nas expectativas de longo prazo, vinculadas ao investimento produtivo, a principal peculiaridade está associada com a maior duração do período de comprometimento do investidor com ativos produtivos duráveis, que possuem baixa liquidez. Em função de dificuldades ou impossibilidades de corrigir erros, a baixos custos, decorrentes de possíveis previsões incorretas dos eventos futuros da economia, torna-se essencial que os agentes econômicos tomem decisões de investimento seguras. Nessa linha, Dixit & Pindyck (1994) ressaltam a necessidade de avaliar previamente, e com bastante critério, as várias possibilidades de investimentos, pois, além de existirem, ao longo do tempo, incertezas com relação aos resultados futuros decorrentes dos investimentos, após estes serem realizados, eles podem ser parcial ou completamente irreversíveis.

## 2.2. Tomada de decisão sob condições de riscos

No processo de tomada de decisão dos investidores, os riscos exercem papéis fundamentais. Conceitualmente, o termo risco pode ser definido como uma medida do grau de incerteza com relação aos possíveis eventos futuros. Nesse caso, para quantificar o risco são utilizadas medidas estatísticas, em que se destacam as distribuições de probabilidade (REILLY & BROWN, 2003; VARIAN, 2003; GITMAN, 2004; TRAVERS, 2004).

É relevante enfatizar que, neste estudo, os riscos estão vinculados com os retornos que podem ser obtidos mediante a realização de determinados investimentos. Genericamente, o termo retorno pode ser visto como uma medida do total de ganhos (ou prejuízos) frente a um dado nível de investimento (GITMAN, 2004).

Na prática, pelo fato dos investidores, em geral, não terem completa certeza de qual alternativa de investimento proporcionará o maior retorno, eles tendem a tomar suas decisões com base no retorno esperado de cada alternativa. A estimativa do retorno esperado para um determinado ativo corresponde à média ponderada dos possíveis retornos:

$$E(R_i) = \sum_{j=1}^n p_{ij} R_{ij} \quad (1)$$

em que:  $E(R_i)$  é o retorno esperado do ativo  $i$ ;  $R_{ij}$  representa cada possível retorno desse ativo; e  $p_{ij}$  corresponde à probabilidade de ocorrência de  $R_{ij}$  (ELTON *et al.*, 2003).

O risco, por sua vez, foi definido por Markowitz (1952) como sendo representado pela variância, que mede a dispersão dos possíveis resultados de um experimento em torno de seu valor esperado (ou média). Assim, o risco de um ativo  $i$ , de acordo com Elton *et al.* (2003), pode ser representado da seguinte forma:

$$\text{var}(R_i) = \sum_{j=1}^n [p_{ij} (R_{ij} - E(R_i))^2] \quad (2)$$

em que:  $\text{var}(R_i)$  é a variância do retorno do ativo  $i$ ;  $E(R_i)$  é o retorno esperado desse ativo;  $R_{ij}$  representa cada possível retorno do ativo; e  $p_{ij}$  é a probabilidade de ocorrência de  $R_{ij}$ .

Operacionalmente, é comum utilizar o desvio padrão, que corresponde à raiz quadrada da variância, como medida do risco associado com um ativo. Portanto, com base no valor do desvio padrão, pode-se avaliar o grau de incerteza vinculado a determinado investimento (REILLY & BROWN, 2003).

Essas considerações teóricas evidenciam a necessidade de que os investidores, para a tomada de decisões, avaliem um amplo número de fatores que podem afetar os resultados. Nessa perspectiva, com base nas teorias da utilidade esperada e do portfólio, a seguir discorre-se sobre o comportamento dos investidores e a otimização de carteiras de investimento.

### 2.2.1. A teoria da utilidade esperada

Os agentes econômicos, frente a alternativas arriscadas, podem expressar suas preferências em termos da utilidade associada com os possíveis resultados e as suas probabilidades de ocorrência. Dentro dessa linha de pensamento, está inserida a teoria da utilidade esperada (*UE*), cuja premissa central é de que os agentes econômicos, ao invés de considerarem a opção que gera o maior valor esperado<sup>3</sup> (*VE*), escolhem a opção que possibilita maximizar a *UE*. A função de *UE* constitui uma representação da relação de preferências entre bens contingentes por meio dos valores esperados das suas utilidades. De acordo com Binger & Hoffmann (1998), a *UE* pode ser representada como:

$$UE = \sum_{i=1}^n \pi_i u(x_i) \quad (3)$$

em que:  $\pi_i$  indica a probabilidade de ocorrência de um determinado resultado;  $u$  é a função de utilidade relacionada com cada resultado; e  $x_i$  é o resultado associado com  $\pi_i$ .

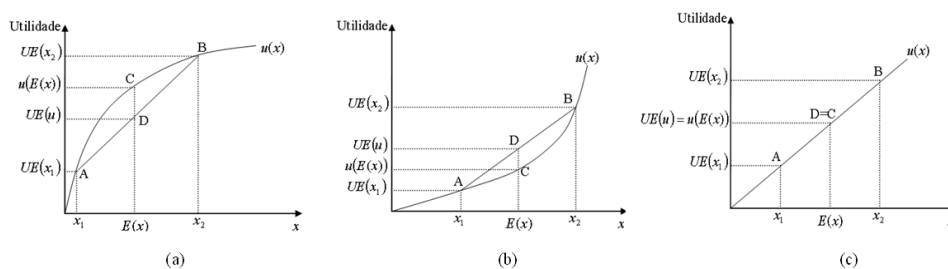
Na teoria da *UE*, também dispensa-se atenção especial às preferências dos agentes econômicos frente aos riscos associados com suas escolhas. Nesse contexto, os tomadores de decisão são classificados em três tipos básicos: *avessos*, *propensos* e *neutros ao risco*.

Para a maioria das pessoas, a utilidade pode ser expressa por uma função côncava,  $u(x)$  (Figura 1a). Considerando  $x$  uma variável aleatória que pode assumir dois valores,  $x_1$  e  $x_2$ , com probabilidades de ocorrência, respectivamente, de  $\pi$  e  $(1-\pi)$ , o valor esperado, obtido a partir de uma função de utilidade elementar côncava, será dado por  $\{E(x) = \pi x_1 + (1-\pi)x_2\}$ , que gera uma utilidade igual a  $u(E(x))$ . Por outro lado, a utilidade esperada, associada com essa função, será dada por  $\{UE(u) = \pi u(x_1) + (1-\pi)u(x_2)\}$ . Pode-se observar que, ao serem comparados os pontos *C* e *D*, a concavidade da função de utilidade elementar implica que a utilidade associada com o valor esperado,  $u(E(x))$ , é maior do que a utilidade esperada,  $UE(u)$ . Com relação aos pontos *A* e *B*, eles constituem os pontos, localizados sobre a função de utilidade, que representam, respectivamente, as situações associadas com perdas e ganhos em decorrência de o indivíduo participar de uma loteria arriscada. Portanto, na perspectiva de um agente econômico avesso ao risco, o valor da utilidade esperada entre apostar em *A* (diminuir a riqueza) e *B* (aumentar a riqueza) é *D*, que é menor do que a segurança de obter *C* sem apostar; sendo assim, *C* será preferido a *D*.

---

<sup>3</sup> O *VE* constitui a média ponderada de todos os  $n$  possíveis resultados ( $x_i$ ) que podem ocorrer:  $VE = \sum_{i=1}^n \pi_i x_i$ ,

em que  $\pi_i$  representa a probabilidade associada com a ocorrência do resultado  $x_i$ .



Fonte: Adaptado a partir de Binger & Hoffmann (1998).

Figura 1 - Funções de utilidade de agentes econômicos.

Embora a maioria das pessoas seja avessa ao risco, existem aquelas que são mais propensas a aceitar situações mais arriscadas. Nesse caso, a função de utilidade para um determinado bem torna-se convexa. Considerando a situação apresentada na Figura 1b, e na perspectiva de um agente econômico propenso ao risco, o valor da utilidade esperada entre apostar em A (diminuir a riqueza) e B (aumentar a riqueza) é D [ $UE(u)$ ], maior do que a segurança de obter C [ $u(E(x))$ ] sem apostar. Sendo assim, D será preferido a C.

Por fim, um indivíduo que é indiferente entre aceitar ou rejeitar a participação em uma loteria é classificado como neutro ao risco. Como a função de utilidade é linear, a  $UE$  de uma loteria é igual à utilidade do valor esperado de não participar do jogo (Figura 1c).

### 2.2.2. A teoria do portfólio

Segundo a teoria do portfólio, a diversificação de uma carteira de investimento pode constituir importante estratégia para reduzir riscos. Isso porque os investidores podem combinar ativos que, ao longo do tempo, diminuam as flutuações no retorno esperado do portfólio sem causar reduções significativas nesse retorno (HADAWAY, 1978).

Matematicamente, para uma carteira de investimento, o retorno esperado é dado pela média ponderada dos retornos esperados dos ativos individuais (ELTON *et al.*, 2003):

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^N w_i E(R_i) \quad (4)$$

em que:  $E(R_p)$  é o retorno esperado da carteira;  $w_i$  é a participação do ativo  $i$  na carteira, ou seja, a fração do portfólio que é investida no ativo  $i$ ; e  $E(R_i)$  é o retorno esperado desse ativo.

Com relação ao risco vinculado a uma carteira composta por  $N$  ativos, ele pode ser avaliado a partir da variância dos retornos dessa carteira. Nesse caso, essa variância depende de componentes associados com duas medidas: as variâncias individuais dos retornos de cada ativo e as covariâncias entre os retornos dos ativos (MARKOWITZ, 1952):

$$Var(R_p) = \sum_{i=1}^N Var(R_i)w_i^2 + \sum_{i=1}^N \sum_{s=1}^N w_i w_s Cov(R_i, R_s), \text{ sendo } i \neq s \quad (5)$$

em que:  $Var(R_p)$  é a variância dos retornos da carteira;  $Var(R_i)$  corresponde à variância dos retornos de cada ativo;  $w_i$  é a participação de cada ativo no portfólio, sendo que  $\sum_{i=1}^N w_i = 1$  e  $w_i \geq 0$ ; e  $Cov(R_i, R_s)$  representa a covariância entre os retornos de dois ativos.

Os componentes de covariâncias, destacados em (5), possibilitam avaliar, por meio do sinal e da magnitude, se os retornos de dois ativos apresentam, ao longo do tempo, comportamentos distintos (ou não). Nesse sentido, para a diversificação de ativos resultar em maior efeito na minimização dos riscos, Markowitz (1952) assinala que os investidores deveriam investir em ativos que apresentam, entre si, altas covariâncias negativas.

### 3. METODOLOGIA

Esta seção está estruturada em três partes principais. Na primeira, são feitas considerações acerca do objeto de estudo. Na parte dois, discorre-se sobre a análise financeira. A terceira parte trata das fontes de dados e dos recursos computacionais.

#### 3.1. Considerações principais referentes ao objeto de estudo

Para a consecução deste estudo, foram definidos três sistemas de produção agropecuária: 1) *produção vegetal*, que corresponde ao sistema que ocorre quando, em determinada propriedade rural, são exploradas apenas atividades de produção de grãos (soja e milho no verão e trigo no inverno); 2) *bovinocultura de corte*, que é o sistema que ocorre quando o estabelecimento agropecuário é especializado na produção de carne bovina, mediante a compra de animais (bezerros) para desenvolver as fases de recria e engorda, em período inferior a um ano; e 3) *integração lavoura-bovinocultura de corte*, que constitui o sistema onde, em distintos períodos do ano, existem produções sucessivas de grãos (soja e milho no verão e trigo no inverno) e carne bovina (verão e inverno), ou seja, ao longo de todo o ano, em virtude da rotação de atividades, há partes da área exploradas com atividades agrícolas e outras destinadas à atividade de pecuária, que também é caracterizada pela compra de bezerros para, em período inferior a um ano, desenvolver as fases de recria e engorda.

Com relação a esses sistemas, é importante enfatizar que eles constituem modelos teóricos bem ajustados à realidade da microrregião de Guarapuava - PR<sup>4</sup>. Isso porque foram estruturados mediante a realização de consultas junto a pesquisadores do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e da Cooperativa Agrária Agroindustrial, de Guarapuava - PR<sup>5</sup>. Essas instituições, há mais de uma década, vêm desenvolvendo, anualmente e de forma conjunta, uma série de pesquisas, principalmente de natureza técnica<sup>6</sup>, visando à identificação de diferentes alternativas de sistemas de produção, que sejam adequados à realidade agropecuária do Estado do Paraná. Portanto, baseado nos resultados dessas pesquisas, foram definidas as áreas, atividades agropecuárias, estruturas de produção, tecnologias e dinâmicas de funcionamento dos três sistemas supracitados.

#### 3.2. Análise financeira dos investimentos nos sistemas de produção

Na análise financeira busca-se avaliar, no longo prazo, a viabilidade financeira de implantar determinado projeto de investimento. Para isso, partindo de fluxos físicos (insumos e produtos) e preços de mercado, obtêm-se os fluxos financeiros, que são a base para desenvolver a análise em questão. Nessa perspectiva, após a obtenção dos fluxos relativos a cada sistema estudado, e utilizando a noção da taxa mínima de atratividade (TMA), que representa o retorno mínimo que a empresa deve obter em determinado projeto para que seu valor de mercado permaneça inalterado (GITMAN, 2004), foram gerados indicadores financeiros vinculados ao emprego de três técnicas: valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e razão benefício/custo (B/C). Assim, nos subitens seguintes, além de serem efetuadas discussões sobre essas técnicas em condições determinísticas e de incertezas, são destacados os procedimentos operacionais para efetivamente desenvolver a análise financeira.

##### 3.2.1. Indicadores financeiros sob condições determinísticas

---

<sup>4</sup> Essa microrregião, que tem na agropecuária a base principal para o seu desenvolvimento, é muito representativa da adoção de sistemas de integração lavoura-pecuária no Estado paranaense.

<sup>5</sup> Neste estudo, presume-se que tecnicamente é viável explorar cada um dos sistemas de produção definidos, ou seja, na prática, a escolha de qual sistema será explorado depende apenas das preferências do produtor rural.

<sup>6</sup> Entende-se por estudos de natureza técnica aqueles que têm como foco principal a avaliação da estrutura técnica de produção. Nessa estrutura, incluem-se, por exemplo, as propriedades físicas e químicas do solo, as técnicas de preparo, manejo e cultivo do solo e a avaliação dos índices de produtividade física.

O VPL é um método de análise que consiste em calcular o valor presente de uma série de pagamentos (ou recebimentos), iguais ou diferentes, a uma taxa conhecida (VERAS, 1999; GITMAN, 2004). Quanto aos resultados, podem ser obtidos três: a) *VPL maior do que zero*, que indica que o projeto é financeiramente viável; b) *VPL igual a zero*, indicando que é indiferente entre investir no projeto ou na melhor alternativa considerada, pois os retornos serão iguais; e c) *VPL menor do que zero*, que significa que o projeto é inviável financeiramente. Matematicamente, obtém-se o VPL a partir do uso da seguinte expressão:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (6)$$

em que:  $t$  é o período de tempo correspondente a certo fluxo de caixa (FC); e  $i$  é a TMA.

A TIR é a taxa de desconto que anula o VPL do investimento analisado. Em termos de resultados, será atrativo o investimento cuja TIR for maior do que a TMA do investidor (VERAS, 1999; GITMAN, 2004). A expressão da TIR pode ser representada como:

$$\sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} = 0 \quad (7)$$

Sobre os indicadores financeiros do VPL e da TIR, cabe ressaltar que, para projetos de investimento mutuamente exclusivos, ocorrendo discrepâncias nas conclusões finais associadas com esses indicadores, poderá ser necessário calcular também a Taxa de Fisher (TF). A justificativa para o cálculo da TF é baseada em duas situações: 1) se entre dois ou mais projetos, o que apresentar a maior TIR for aquele com maior valor de investimento, então ele deve ser o escolhido; e 2) se o projeto com menor investimento apresentar a maior TIR, não se deve concluir, com base nesse indicador, que ele é melhor. Ocorrendo essa segunda situação, deve-se obter a TF, que corresponde ao cálculo da TIR a partir das diferenças entre os fluxos de caixa dos projetos com maior e menor custos de investimento (REZENDE & OLIVEIRA, 2001). Com os resultados da TF, existem duas conclusões possíveis: caso a TF seja maior que a TMA, opta-se pelo projeto com menor TIR; caso contrário, opta-se pelo projeto cuja TIR foi maior. É pertinente enfatizar que a TF sempre conduz para a mesma conclusão do VPL, demonstrando que este é o principal indicador a ser considerado na avaliação financeira final de um projeto.

Com a técnica da razão B/C, que representa uma relação entre entradas e saídas de caixa, também é possível identificar as alternativas com maiores retornos financeiros. Uma razão B/C maior do que 1 indica que o projeto é financeiramente viável, pois as entradas superam às saídas de caixa (REZENDE & OLIVEIRA, 2001):

$$B/C = \frac{\sum_{t=0}^n EC_t (1+i)^{-t}}{\sum_{t=0}^n SC_t (1+i)^{-t}} \quad (8)$$

em que:  $t$  indica o período de tempo;  $EC_t$  é a entrada de caixa no período  $t$ ;  $SC_t$  representa a saída de caixa no período  $t$ ; e  $i$  refere-se à TMA.

### 3.2.2. Indicadores financeiros sob condições de incertezas

Tendo em vista que, na prática, os resultados dos fluxos de caixa tendem a não ocorrer de forma determinística, a maior parte das decisões deve ser tomada com considerável grau de incerteza. Assim, para conseguir maior confiabilidade nos resultados decorrentes de determinados investimentos, torna-se fundamental o uso de abordagens que consideram os riscos nas avaliações financeiras. Dentre essas abordagens, destacam-se duas: análise de sensibilidade e simulação. Na análise de sensibilidade, usa-se um número de valores possíveis para uma dada variável visando a avaliar seu impacto sobre os resultados da empresa. Essa

abordagem é empregada, sobretudo, para identificar as variáveis chave, ou seja, aquelas que podem causar maiores impactos sobre os resultados finais da empresa (GITMAN, 2004).

Apesar da grande utilidade, a análise de sensibilidade não incorpora a probabilidade de ocorrência de um valor dentro de determinados intervalos possíveis (ODA *et al.*, 2007). Para resolver esse problema, recomenda-se utilizar a abordagem relacionada com simulação. Nos métodos de simulação, as formas de investigação estão baseadas na percepção do risco a partir do emprego de distribuições de probabilidades predeterminadas e números aleatórios, que possibilitam projetar, ao longo do tempo, o comportamento de certos indicadores (GITMAN, 2004). Com o emprego da simulação, podem ser obtidos importantes parâmetros, como o VPL e a TIR esperados e os seus respectivos desvios padrão.

### **3.2.3. Procedimentos operacionais para desenvolver a análise financeira**

Tomando como base dados históricos mensais do período de 1995 a 2007, que contêm informações técnicas e econômicas relacionadas com os sistemas de produção investigados, foram elaborados, para cada sistema, fluxos de caixa anuais para um horizonte de planejamento de 13 anos. A justificativa para utilizar esse horizonte temporal baseia-se na noção de obsolescência de grande parte dos bens de capital (WOILER & MATHIAS, 1994), que neste estudo foram considerados apresentando vida útil média de 13 anos. Portanto, presume-se que, após o final desse horizonte, haja necessidade de realizar novos investimentos em bens de capital. Assim, cada sistema contempla um período que vai do Ano 0 ao Ano 13. Definiu-se o Ano 0 como aquele em que foram realizados apenas os investimentos de capital produtivo. Quanto aos anos 1 a 13, eles representam os anos destinados ao desenvolvimento das atividades produtivas de cada sistema.

A respeito das informações técnicas dos sistemas, elas tratam das produtividades agropecuárias e dos componentes tecnológicos. Esses componentes correspondem aos recursos produtivos, com as respectivas quantidades, utilizados em cada atividade agropecuária e que acabam sendo determinantes dos níveis de produtividade observados.

Quanto às informações econômicas, elas se referem aos investimentos e aos preços recebidos e pagos pelos produtores rurais. Sobre essas informações, deve-se salientar que, diante de limitações no tamanho da amostra de dados e para não reduzir o horizonte de planejamento, para definir os valores dos investimentos no Ano 0, optou-se por utilizar os preços reais (preços deflacionados) dos bens de capital observados em janeiro de 1995. Por outro lado, para determinar os demais valores dos fluxos de caixa nos anos subsequentes (anos 1 a 13), empregaram-se as médias de preços reais observadas em cada ano (período de 1995 a 2007).

Com relação aos valores de investimentos, a partir das características e estruturas de cada sistema, estimaram-se as necessidades iniciais de inversão de capital em recursos produtivos com vida útil maior do que um ano (benfeitorias, máquinas e equipamentos). A respeito da terra, é pertinente destacar que, para a exploração de cada sistema, em função de assumir-se que já existe uma disponibilidade de 300 hectares de área agricultável<sup>7</sup>, esse recurso produtivo não foi incluído para calcular o montante de investimentos necessários. Adicionalmente, é importante ressaltar que, embora na avaliação de muitos projetos de investimento na agropecuária deve-se considerar, na formação dos fluxos de caixa, o custo de oportunidade da terra, que é representado pelo valor que poderia ser obtido ao empregar esse recurso produtivo no melhor uso alternativo (arrendamento, por exemplo) (NORONHA,

---

<sup>7</sup> O estabelecimento de 300 hectares de área agricultável para explorar cada sistema foi definido a partir de discussões com pesquisadores do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e da Cooperativa Agrária Agroindustrial de Guarapuava - PR. Nessa área, assume-se que poderia ser explorado qualquer um dos sistemas estudados; na prática, a escolha do sistema depende, exclusivamente, das decisões do produtor rural.



1987), nesta pesquisa, esse custo foi desconsiderado por três razões principais: 1) os três sistemas constituem usos alternativos da terra, ou seja, na área agricultável, assume-se que o produtor rural pode tomar decisões que levem à implantação de um dos sistemas estudados; 2) neste estudo, buscou-se efetuar análises comparativas entre os resultados financeiros que podem ser obtidos com três distintas alternativas tecnológicas, representadas pelos sistemas de produção agropecuária; e 3) pelo fato de se considerar que o custo de oportunidade da terra seria o mesmo para os três sistemas, pois, caso não fosse implantado nenhum dos sistemas, a terra poderia, por exemplo, ser arrendada para terceiros desenvolverem uma determinada atividade agropecuária.

Sobre os preços recebidos e pagos, eles também foram fundamentais para estimar os fluxos anuais de entradas (receitas) e saídas de caixa das diferentes alternativas de sistemas. Nessa perspectiva, as receitas dividem-se em diretas e indiretas. A receita direta, que é formada pelas vendas de produtos agropecuários, pode ser representada como:

$$RD_t = \sum_{i=1}^k P_i Q_i \quad (9)$$

em que:  $RD_t$  corresponde à receita direta no período  $t$ ;  $P_i$  é o preço recebido pela venda do produto  $i$ ; e  $Q_i$  representa a quantidade vendida do produto  $i$ .

As receitas indiretas são constituídas pela soma do valor residual ( $VR$ ) dos bens de capital. O  $VR$  corresponde ao montante de recursos financeiros que a propriedade rural pode obter ao final do horizonte de planejamento. No último ano do fluxo de receitas, são agregadas as rendas provenientes das possíveis vendas dos bens de capital (BUARQUE, 1991). O cálculo do  $VR$  é realizado com base na seguinte expressão:

$$VR_{total} = \sum_{i=1}^k D_i (VU_i - HP) \quad (10)$$

em que:  $D_i$  e  $VU_i$  representam, respectivamente, a depreciação anual e a vida útil (em anos) do bem de capital  $i$ ; e  $HP$  corresponde ao horizonte de planejamento.

Sobre a depreciação, embora não constitua um desembolso efetivo, ela representa o custo decorrente do desgaste dos ativos imobilizados (benfeitorias, máquinas e equipamentos). Neste trabalho, a depreciação foi calculada pela seguinte equação:

$$D_i = VN_i / VU_i \quad (11)$$

em que:  $D_i$ ,  $VN_i$  e  $VU_i$  representam, respectivamente, a depreciação anual, o valor novo e a vida útil do bem de capital  $i$ .

Além das receitas, a exploração de qualquer um dos sistemas implica em despesas operacionais fixas e variáveis que, juntamente com os investimentos, formam as saídas de caixa. As despesas fixas são formadas pelos desembolsos anuais efetivos relacionados com a mão-de-obra permanente e com o seguro e a manutenção dos bens de capital. Especialmente em relação aos desembolsos associados com seguro e manutenção, anualmente, eles corresponderam, respectivamente, a 1% e 3% dos valores novos dos referidos bens.

As despesas variáveis são constituídas por gastos com insumos consumidos no processo produtivo (corretivos, fertilizantes, defensivos, sementes, alimentos para animais e outros), operações agrícolas (mão-de-obra operacional, óleo diesel, lubrificantes e transportes de animais e das produções agrícolas) e outros itens, como mão-de-obra temporária, assistência técnica, recepção dos produtos e Contribuição Especial da Seguridade Social Rural (CESSR, que corresponde a 2,3% do valor da produção agropecuária).

Ainda relacionado aos desembolsos, cabe salientar que, para calcular os fluxos de caixa líquidos, com base na legislação tributária brasileira para a pessoa jurídica e no lucro operacional anual (receitas diretas *menos* despesas operacionais), foram descontados os pagamentos de dois tributos: imposto de renda e contribuição social sobre o lucro líquido.

Para avaliar os fluxos de caixa em condições de incertezas, inicialmente desenvolveram-se análises de sensibilidade. Na realização dessas análises, para cada variável independente, assumiu-se uma variação individual (condição *ceteris paribus*) de 10% sobre o valor médio utilizado para calcular os fluxos de caixa determinísticos. É necessário enfatizar que as variações foram promovidas na direção em que causam impactos negativos na variável dependente, representada pelo VPL. Finalmente, as variáveis independentes que causaram impactos negativos iguais ou superiores a 5% no VPL foram definidas como chave.

Após identificadas as variáveis chave, foram definidas, a partir de valores históricos, as distribuições de probabilidade que melhor representam essas variáveis. Com base nas referidas distribuições, realizaram-se simulações, com 5.000 iterações dos fluxos de caixa dos sistemas em estudo, para obter os valores dos indicadores financeiros sob condições de riscos.

Finalmente, de acordo com inferências de Noronha (1987), é pertinente destacar que, como os fluxos de caixa foram obtidos com base em preços reais (preços deflacionados), foi definida uma taxa mínima de atratividade (TMA) também em termos reais. A TMA adotada neste estudo correspondeu à média da taxa real de juros Selic (Sistema Especial de Liquidação e Custódia) entre o período de janeiro de 1995 a março de 2008. Nesse período, essa média foi de 12,0% a.a.

### 3.3. Fontes de dados e recursos computacionais

As informações técnicas para a estruturação dos modelos de sistemas de produção estudados foram provenientes de resultados de pesquisas gerados pelo Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná e pela Cooperativa Agrária Agroindustrial de Guarapuava - PR. Quanto aos dados históricos relativos aos preços recebidos e pagos pelos produtores rurais, eles foram obtidos no Departamento de Economia Rural da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná. É importante salientar que, para desenvolver a análise financeira, esses preços históricos foram deflacionados, com o IGP-DI, para março de 2008.

Em termos de recursos computacionais, além da planilha eletrônica Microsoft Excel, utilizaram-se os softwares @Risk e BestFit, versões 4.5.2, desenvolvidos pela Palisade Corporation (2002).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção está organizada em duas partes principais. Na primeira, efetua-se uma breve caracterização dos três sistemas: produção vegetal (PV), integração lavoura-pecuária (ILP) e bovinocultura de corte (BC). Na segunda parte, realiza-se a análise financeira.

### 4.1. Caracterização dos sistemas de produção

No Quadro 1, tem-se a composição das atividades comerciais e atividades-meio<sup>8</sup> dos três sistemas produtivos. Ao serem comparados os sistemas de PV e ILP, constata-se que as áreas comerciais destinadas às atividades agrícolas são menores no sistema de integração, pois é necessário estabelecer áreas de pastagem permanente e de cultivo de silagem, que são destinadas à bovinocultura de corte.

Quadro 1 - Composição anual dos sistemas com atividades comerciais e atividades-meio

	Atividades comerciais	Período	PV	ILP	BC
Soja (ha)		Verão	200,0	160,0	0,0
Milho (ha)		Verão	100,0	80,0	0,0

<sup>8</sup> Neste estudo, as explorações de carne bovina, milho, soja e trigo são definidas como atividades comerciais, pois têm como finalidades principais obter produtos comercializáveis. Por outro lado, as pastagens permanente e cultivada, o milho para silagem e o confinamento representam as atividades-meio, que visam viabilizar, tecnicamente, as produções relacionadas com as atividades comerciais dos três sistemas.

Trigo (ha)	Inverno	100,0	80,0	0,0
Bovinocultura de corte (cab)	--	0	495	1.350
<b>Atividades-meio</b>	<b>Período</b>	<b>PV</b>	<b>ILP</b>	<b>BC</b>
Pastagem permanente de tifton (ha)	Verão	0,0	52,1	278,5
Pastagem cultivada de aveia/azevém (ha)	Inverno	200,0	220,0	300,0
Milho para silagem (ha)	Verão	0,0	7,9	21,5
Confinamento (cab)	--	0	495	1.350

Fonte: Pesquisa de campo.

Notas: 1) Neste trabalho, os períodos de verão e inverno representam, respectivamente, os períodos de novembro a abril e de maio a outubro; e 2) PV, ILP e BC indicam, respectivamente, os sistemas de produção vegetal, integração lavoura-pecuária e bovinocultura de corte.

Na composição dos sistemas, verifica-se ainda que, durante o inverno, enquanto na ILP utiliza-se toda a área com finalidade comercial, no sistema de PV apenas 33,3% da área é explorada com esse fim. Esse dado é plenamente justificado pois, na região de Guarapuava, os produtores que adotam o sistema de PV e que apenas cultivam, de forma comercial, trigo no inverno, tendem a explorar a triticultura em somente parte da área. Esse uso parcial deve-se a problemas de rentabilidade e de riscos climáticos, que comumente cercam esta cultura.

Ao analisar o sistema de BC, percebe-se que ele é especializado em uma atividade comercial. Adicionalmente, a comparação entre os sistemas de BC e PV mostra que eles apresentam características estruturais e funcionais muito distintas. Isso porque, enquanto no sistema de BC toda a área agropecuária é direcionada para a pecuária, no sistema de PV essa área é exclusiva para as atividades agrícolas. Por sua vez, ao comparar os sistemas de BC e ILP, também são percebidas importantes diferenças: enquanto o primeiro é o mais especializado, o de ILP é o mais diversificado dos três sistemas.

Especialmente relacionado com a bovinocultura de corte, é relevante assinalar que, nos sistemas de ILP e BC, ela é explorada de maneira tecnológica muito similar, isto é, nos dois sistemas as fases de recria e engorda<sup>9</sup> dos animais são efetuadas por meio da utilização de pastagens e confinamento. A maior diferença na condução da atividade de pecuária nos dois sistemas reside, principalmente, no tamanho da exploração: à medida que no sistema de ILP são adquiridos, anualmente, cerca de 495 bezerros, no sistema de BC esse número é da ordem de 1.350. Com esses números, busca-se manter lotações que não resultem em problemas técnicos, como compactação do solo e baixa oferta de alimentos para os animais.

Sobre o Quadro 1, é pertinente destacar alguns pontos a respeito das atividades-meio:

- no verão, a pastagem permanente, que tem vida útil de cerca de 15 anos, visa basicamente a fornecer alimentos para os animais;
- no inverno, a pastagem cultivada com aveia e azevém, que é implantada sobre áreas de grãos e de pastagem permanente, possui diferentes objetivos: *no sistema de PV*, visa a produzir biomassa para a cobertura do solo e o uso da técnica de plantio direto de grãos; *no sistema de ILP*, além dos objetivos destacados para o sistema de PV, busca produzir alimentos para os bovinos; e *no sistema de BC*, atender à demanda alimentar dos animais;
- a produção de milho para silagem, que está presente nos sistemas que possuem bovinos de corte, tem por objetivo fornecer alimentos para os animais na fase de engorda; e
- a fase de engorda é realizada em confinamento baseado em silagem e concentrado. O confinamento, que visa a garantir com que os animais atinjam o peso de abate planejado e com adequado de acabamento de carcaça, é realizado durante cerca de 45 dias.

Em termos tecnológicos, é possível inferir que os sistemas estudados são altamente tecnificados. De acordo com o Quadro 2, as produtividades agrícolas médias dos sistemas de PV e ILP são muito superiores aquelas registradas pela Conab (2008) para o Brasil, para a

<sup>9</sup> Enquanto a fase de recria compreende o período desde a aquisição dos animais (aproximadamente 180 kg de peso vivo) até o início da fase de engorda (peso vivo em torno de 400 kg), esta termina quando os animais atingem cerca de 450 kg de peso vivo.

Região Sul e para o Estado do Paraná. O excelente desempenho das atividades agrícolas exploradas nos dois sistemas deve-se a três fatores principais: 1) na região de Guarapuava (PR) existem condições agroecológicas (terra e clima) muito favoráveis para desenvolver a agropecuária de alto rendimento técnico; 2) os produtores rurais que desenvolvem esses sistemas, em geral, são bastante propensos a empregar altos níveis tecnológicos; e 3) existe na região estudada adequado suporte em termos de assistência técnica.

A partir do Quadro 2, observa-se ainda que os sistemas de PV e ILP apresentam as mesmas produtividades agrícolas. Isso ocorre em função de que, embora apresentem algumas diferenças importantes na composição e na dinâmica de funcionamento, a tecnologia empregada na exploração das atividades agrícolas é similar nos dois sistemas.

Quadro 2 - Produtividades de soja, milho e trigo no Brasil, na Região Sul, no Paraná e nos sistemas de PV e ILP - kg/ha

Atividade	Produtividade	Brasil	Região Sul	Paraná	Sistema (PV e ILP)
Soja	Média	2.512	2.287	2.713	3.000
	Máxima	2.823	2.850	3.060	3.200
	Mínima	2.245	1.538	2.340	2.600
Milho	Média	3.183	3.990	4.949	8.500
	Máxima	3.855	5.462	6.680	9.500
	Mínima	2.713	3.150	3.700	7.000
Trigo	Média	1.722	1.708	1.767	2.500
	Máxima	2.227	2.211	2.350	3.900
	Mínima	1.130	1.111	737	1.600

Fontes: Registros da Cooperativa Agrária Agroindustrial e relatórios da Conab (2008) para o período compreendido entre as safras 1997/98 e 2006/07.

Quanto à exploração da bovinocultura de corte, no Quadro 3 estão os principais indicadores técnicos associados com esta atividade, presente na composição dos sistemas de ILP e BC. A tecnologia empregada na produção de bovinos de corte é também muito similar nos dois sistemas supracitados. As diferenças técnicas fundamentais na condução da exploração estão associadas com as taxas de lotação das pastagens permanente e cultivada.

Quadro 3 - Indicadores técnicos médios da bovinocultura de corte nos sistemas de ILP e BC

Indicador técnico	Medida	ILP	BC
Peso de aquisição dos bezerros	kg de peso vivo	180	180
Peso de venda dos animais para o abate	kg de peso vivo	450	450
Fase de recria (pastagens)	dia	270	270
Fase de engorda (confinamento)	dia	45	45
Tempo total (recria e engorda)	dia	315	315
Ganho de peso total/animal	kg de peso vivo	270	270
Ganho médio de peso vivo	kg/animal/dia	0,86	0,86
Lotação na pastagem permanente (verão)	animais/ha	9,50	4,85
Lotação na pastagem cultivada (inverno)	animais/ha	2,25	4,50
Total de animais	cab	495	1.350
Rendimento de carcaça	%	53,0	53,0
Taxa de mortalidade de animais	%	1,0	1,0

Fonte: Pesquisa de campo.

É importante destacar que, além da composição em termos de atividades comerciais e meio, bem como dos desempenhos técnicos, foram feitos levantamentos de campo sobre outros aspectos fundamentais que cercam as estruturas dos três sistemas de produção: as demandas de mão-de-obra permanente e temporária; os bens de capital (máquinas e

equipamentos agrícolas, equipamentos pecuários e instalações); e as várias operações agrícolas, como plantio, aplicações de defensivos e colheita, realizadas em cada sistema.

## 4.2. Análise financeira dos sistemas de produção

Esta seção foi construída com o intuito de desenvolver análises, para um horizonte de planejamento de longo prazo, dos possíveis resultados financeiros decorrentes da efetivação de investimentos de capital nos três sistemas. Estruturalmente, a seção está organizada em quatro partes. Na primeira, tem-se a avaliação dos investimentos necessários. Os indicadores obtidos sob condições determinísticas são apresentados e discutidos na segunda parte. As análises de sensibilidade são efetuadas na parte três. Na parte final, discorre-se a respeito dos indicadores financeiros gerados sob condições de riscos operacionais e de mercado.

### 4.2.1. Investimentos nos sistemas de produção

Os sistemas de produção avaliados neste estudo são tratados como alternativas mutuamente exclusivas, ou seja, o produtor rural pode tomar decisões que, para uma determinada área, conduzam à implantação de apenas um dos três sistemas: PV, ILP ou BC. Contudo, para esse processo decisório, devem ser analisados diversos aspectos técnicos e econômicos que cercam as diferentes alternativas.

Dentre os aspectos econômicos, merecem atenção especial os investimentos em recursos produtivos de longa duração. Nessa perspectiva, de acordo com o Quadro 4, se constata diferenças importantes nos montantes de capital a serem investidos para a implantação dos três sistemas supracitados. A necessidade de inversão de capital no sistema de ILP é cerca de 33% e 25% maior, respectivamente, que aquela necessária para os sistemas de PV e de BC. Na ILP existe maior nível de investimento devido ao fato de que, além de requerer os mesmos investimentos efetuados para desenvolver o sistema de PV, devem ser efetuadas inversões em bens específicos para explorar a atividade de pecuária.

Quadro 4 - Investimentos necessários para os sistemas de produção (em R\$)

Itens de investimento	PV	ILP	BC
Máquinas agrícolas	664.448	664.448	325.218
Equipamentos agrícolas	143.952	143.952	116.385
Equipamentos para a pecuária	0,0	101.946	101.946
Benfeitoria (barracão de alvenaria)	207.973	207.973	207.973
Instalações para a pecuária	0,0	232.187	323.934
Outros <sup>1</sup>	10.164	15.410	13.612
<b>Total</b>	<b>1.026.537</b>	<b>1.365.916</b>	<b>1.089.068</b>

Fonte: Resultados da pesquisa.

<sup>1</sup> Investimentos menores, como: cavalos para serviço (sistemas de BC e ILP), máquinas e equipamentos para transporte de água e pequenos implementos agropecuários.

Para os sistemas de PV e de ILP, a maior parte dos investimentos está associada com a aquisição de máquinas e equipamentos agrícolas: 79% e 59%, respectivamente. Por sua vez, no sistema de BC existe uma distribuição menos concentrada dos investimentos nos diferentes itens que compõem a infra-estrutura. Por exemplo, do total de recursos de capital, 40% e 39% são investidos, respectivamente, em máquinas e equipamentos agrícolas e em equipamentos e instalações para a pecuária. Sobre as instalações para a pecuária, cabe destacar que, devido a diferenças no tamanho da exploração, o montante a ser investido no sistema de ILP é ao redor de 28% menor que aquele do sistema de BC.

### 4.2.2. Indicadores financeiros sob condições determinísticas

No Quadro 5, são apresentados os resultados dos três indicadores financeiros obtidos sob condições determinísticas. A respeito do VPL, é possível ressaltar que os valores gerados nos três sistemas permitem superar o custo de oportunidade do capital, representado pela

TMA de 12,0% a.a. Caso os fluxos de caixa líquidos de cada ano fossem aplicados a essa taxa, os valores obtidos nos sistemas de ILP, BC e PV seriam aumentados, respectivamente, em cerca de R\$198.334,00 R\$165.830,00 e R\$98.951,00.

Em termos comparativos, os resultados do VPL apontam que o sistema de ILP, em relação aos outros dois sistemas, constitui a melhor alternativa financeira. Isso porque o valor presente do sistema de ILP foi da ordem de 100,4% e 19,6% maior, respectivamente, que aqueles calculados para os sistemas de PV e BC.

Quadro 5 - Indicadores financeiros determinísticos dos sistemas de PV, ILP e BC

Indicador	Unidade	PV	ILP	BC
VPL	R\$	98.951	198.334	165.830
TIR	%	13,99	14,91	14,95
B/C	--	1,018	1,025	1,016

Fonte: Resultados da pesquisa.

A constatação de que o sistema de ILP gera melhor retorno financeiro que os demais sistemas é ainda comprovada pelo indicador B/C, pois este mostra que, para cada unidade de custo, obtêm-se para os sistemas de ILP, PV e BC, respectivamente, 1,025, 1,018 e 1,016 unidades de benefício.

Por fim, ao analisar os resultados da TIR, que representa a própria rentabilidade de um determinado projeto analisado, evidencia-se que a rentabilidade dos três sistemas supera o custo de oportunidade do capital. No entanto, existe uma discrepância com os resultados do VPL: enquanto pela TIR o sistema com maior retorno financeiro é o de BC, pelo VPL o sistema de ILP seria a melhor alternativa. Em virtude dessa divergência e devido ao fato de o valor do investimento no sistema de ILP ser superior ao do sistema de BC (Quadro 4), tornou-se necessário calcular a Taxa de Fisher (TF). Ao calcular a TF a partir da diferença entre os fluxos de caixa dos sistemas de ILP e BC, chegou-se ao valor de 14,73%. O fato de a TF ter superado a TMA indica que o valor de R\$276.848,00, que corresponde à diferença entre os investimentos nos dois sistemas, será mais bem remunerado se aplicado no sistema de ILP. Essa conclusão é semelhante à do VPL, que mostra que o sistema de ILP, em relação ao de BC, apresenta maior viabilidade financeira.

Embora os indicadores apresentados no Quadro 5 apontem para o sistema de ILP como a melhor alternativa, a decisão de investir em um dos três sistemas requer, por parte do produtor rural, análises criteriosas que considerem outros importantes aspectos, como as possíveis variações nas produtividades e nos preços de venda de produtos e de compra de insumos. Essas análises são fundamentais pelo fato de o setor agropecuário ser afetado por uma série de riscos operacionais e de mercado. Diante disso e em virtude de os indicadores dispostos no Quadro 5 serem gerados sob condições determinísticas, as análises financeiras, realizadas até o momento, não permitem tirar conclusões definitivas sobre qual das opções de sistemas propicia, na prática, os melhores resultados ao serem admitidas possíveis variações nas principais variáveis técnicas e econômicas, que afetam os fluxos de caixa anuais.

Para superar as limitações discutidas, bem como verificar se existe confirmação dos indicativos apresentados no Quadro 5, a seguir são desenvolvidas análises que levam em conta variações probabilísticas nos valores das principais variáveis que afetam os fluxos de caixa dos três sistemas.

#### 4.2.3. Análises de sensibilidade

Para o sistema de ILP, foram avaliadas 91 variáveis independentes, ou seja, que podem causar efeitos significativos sobre o VPL; para os sistemas de PV e BC, avaliaram-se, respectivamente, 57 e 66 variáveis independentes.

Ao analisar a sensibilidade do VPL frente a variações no valor dos investimentos em capital produtivo (Quadro 6), evidencia-se que essa variável pode causar efeitos acentuados sobre os resultados financeiros dos três sistemas de produção. No sistema de PV, que requer a menor inversão de capital, um aumento de 10% no valor investido, mantidas constantes as demais variáveis independentes, provoca a maior redução relativa no VPL (-52,3%); nos sistemas de ILP e BC, essas reduções são, respectivamente, de -37,9% e -34,8%.

Quadro 6 - Impactos de variações nos investimentos sobre o VPL dos sistemas

Sistema	Varição no investimento (%)	Impacto no VPL (%)
Produção vegetal (PV)	10,0	-52,3
Integração lavoura-pecuária (ILP)	10,0	-37,9
Bovinocultura de corte (BC)	10,0	-34,8

Fonte: Resultados da pesquisa.

Ao estudar os impactos das variáveis associadas com receitas e despesas operacionais dos fluxos de caixa, evidencia-se que, do total de variáveis analisadas em cada sistema, o de PV é aquele cujo VPL pode ser afetado de maneira significativa pelo maior número de variáveis: das 56 variáveis (exclui a variável investimento) independentes, 20 (35,7%) ocasionam reduções superiores a 5% no VPL. No sistema de BC, 12 (18,5%) das 65 variáveis analisadas são consideradas como chave. Por sua vez, na ILP, de um total de 90 variáveis, 15 (16,7%) produzem impactos mais expressivos sobre o referido indicador (Quadro 7).

O menor percentual de variáveis chave no sistema de ILP mostra que, por se tratar do sistema mais diversificado, os impactos individuais das variáveis independentes sobre o VPL tendem a ser reduzidos. Tomando como exemplo as variáveis "*preço de venda do boi gordo*" e "*produtividade de soja*", é fácil justificar essa afirmativa: as diminuições do VPL dos sistemas de ILP e BC, associadas com queda de 10% no preço de venda do boi gordo, são, respectivamente, de 95,0% e 302,2%; considerando uma perda de 10% na produtividade de soja, as quedas no VPL dos sistemas de ILP e PV são, respectivamente, de 53,0% e 121,1%.

Com base nos dados apresentados no Quadro 7, é possível fazer outras considerações interessantes acerca dos riscos operacionais e de mercado que circundam os sistemas:

- relacionado com riscos operacionais, percebe-se que as produtividades agropecuárias estão entre as variáveis chave que causam variações mais expressivas no VPL dos três sistemas;
- a respeito dos riscos de mercado, verifica-se que as maiores sensibilidades do VPL dos sistemas tendem a estar associadas com os preços de venda dos produtos agropecuários; e
- constata-se que os VPLs dos três sistemas são muito mais sensíveis às variáveis chave vinculadas com receitas do que com despesas operacionais.

Quadro 7 - Impactos das variáveis chave de receitas e despesas sobre o VPL

Sistema	Nº	Variável	Unidade	Valor esperado (R\$)	Fdp <sup>1</sup>	Variação no VPL (%)
PV	1	Produtividade de soja	kg/ha	3.000,00	Triangular	-121,1
	2	Preço de venda da soja	R\$/sc	39,47	Pearson5	-118,6
	3	Produtividade de milho	kg/ha	8.500,00	Triangular	-82,8
	4	Preço de venda do milho	R\$/sc	19,06	Logística	-82,2
	5	Produtividade de trigo	kg/ha	2.500,00	Triangular	-37,0
	6	Preço de venda do trigo	R\$/sc	28,9	Log-normal	-36,0
	7	Preço do óleo diesel	R\$/l	1,55	Beta (Generalizado)	-17,5
	8	Preço da uréia	R\$/t	939,68	Uniforme	-13,7
	9	Salário do administrador	R\$	2.165,01	Triangular	-13,0
	10	Preço do fertilizante 08-30-20	R\$/t	997,46	Beta (Generalizado)	-12,0
	11	Preço do fungicida Folicur	R\$/l	117,55	Beta (Generalizado)	-11,4
	12	Preço do fertilizante 00-20-20	R\$/t	785,95	Beta (Generalizado)	-10,1
	13	Preço do fertilizante 10-26-24	R\$/t	1.007,20	Beta (Generalizado)	-9,1
	14	Preço da semente de milho	R\$/sc	202,72	Triangular	-7,8
	15	Salário do operário rural permanente	R\$	626,17	Log-logística	-7,5
	16	Preço do calcário	R\$/t	60,58	Valor extremo	-5,9
	17	Diária do operário rural temporário	R\$	22,35	Log-logística	-5,4
	18	Preço da semente de soja	R\$/kg	1,38	Weibull	-5,4
	19	Salário do operador de máq. perm.	R\$	884,83	Logística	-5,3
	20	Preço da semente de trigo	R\$/kg	1,08	Pearson5	-5,2
ILP	1	Preço de venda do boi gordo	R\$/@	70,75	Triangular	-95,0
	2	Produtividade de bovino	kg/dia	0,86	Triangular	-72,1
	3	Produtividade de soja	kg/ha	3.000,00	Triangular	-53,0
	4	Preço de venda da soja	R\$/sc	39,47	Pearson5	-51,9
	5	Preço do bezerro	R\$/cab	476,95	Beta (Generalizado)	-41,6
	6	Produtividade de milho	kg/ha	8.500,00	Triangular	-36,3
	7	Preço de venda do milho	R\$/sc	19,06	Logística	-36,0
	8	Produtividade de trigo	kg/ha	2.500,00	Triangular	-16,2
	9	Preço de venda do trigo	R\$/sc	28,9	Log-normal	-15,8
	10	Preço do concentrado para engorda	R\$/kg	0,53	Beta (Generalizado)	-9,3
	11	Preço do óleo diesel	R\$/l	1,55	Beta (Generalizado)	-9,0
	12	Preço da uréia	R\$/t	939,68	Uniforme	-8,9
	13	Preço do fertilizante 08-30-20	R\$/t	997,46	Beta (Generalizado)	-7,8
	14	Salário do administrador	R\$	2.165,01	Triangular	-7,1
	15	Preço do fungicida Folicur	R\$/l	117,55	Beta (Generalizado)	-5,0
BC	1	Preço de venda do boi gordo	R\$/@	70,75	Triangular	-302,2
	2	Produtividade de bovino	kg/dia	0,86	Triangular	-229,4
	3	Preço do bezerro	R\$/cab	476,95	Beta (Generalizado)	-132,5
	4	Preço do concentrado para engorda	R\$/kg	0,53	Beta (Generalizado)	-29,5
	5	Preço da muda de tifton	R\$/muda	0,03	Pearson5	-10,9



6	Preço da uréia	R\$/t	939,68	Uniforme	-10,2
7	Preço do sal mineralizado	R\$/kg	1,74	Normal	-9,7
8	Salário do administrador	R\$	2.165,01	Triangular	-8,3
9	Salário do operário rural permanente	R\$	626,17	Log-logística	-7,2
10	Preço do fertilizante 08-30-20	R\$/t	997,46	Beta (Generalizado)	-6,5
11	Preço do calcário	R\$/t	60,58	Valor extremo	-6,1
12	Preço do óleo diesel	R\$/l	1,55	Beta (Generalizado)	-5,1

Fonte: Resultados da pesquisa.

<sup>1</sup> Indica, para cada variável chave, a função de distribuição de probabilidade (fdp) com melhor ajuste.

A partir dos resultados das análises de sensibilidade, fica evidente que, ao se tratar de escolhas envolvendo distintas alternativas de investimentos na agropecuária, a obtenção de indicadores financeiros sob condições de riscos, normalmente, deve ser vista como imprescindível para minimizar as chances de optar por alternativas que venham a apresentar resultados financeiros menos estáveis. Nessa linha, no item a seguir são desenvolvidas análises baseadas nos resultados oriundos de simulações probabilísticas dos fluxos de caixa.

#### 4.2.4. Indicadores financeiros sob condições de incertezas

No Quadro 8 são apresentadas as principais estatísticas dos indicadores financeiros sob condições de incertezas. Avaliando o VPL, verifica-se que, pelo valor esperado (média), os resultados apontam na mesma direção do VPL determinístico (Quadro 5), ou seja, os sistemas com maior VPL esperado foram, em ordem decrescente, o de ILP (R\$114.367,00), BC (R\$81.610,00) e PV (-R\$3.659,00). É interessante notar também que, ao admitir a ocorrência de riscos operacionais e de mercado, os valores esperados do VPL dos três sistemas foram significativamente inferiores àqueles observados em situações determinísticas. As quedas mais e menos expressivas ocorreram nos VPLs, respectivamente, dos sistemas de PV (-103,7%) e de ILP (-42,3%).

Quanto às médias da TIR e da razão B/C, é pertinente fazer três comentários principais: 1) elas também indicam menor retorno financeiro para o sistema de PV; 2) em condições de incerteza, o sistema de PV apresenta rentabilidade esperada muito próxima do custo de oportunidade do capital; e 3) para os sistemas de ILP e BC, apesar de os dois indicadores em questão conduzirem a resultados muito próximos, pode-se inferir que na ILP, devido ao maior nível de investimento e usando a noção da Taxa de Fisher, os resultados em termos de valores esperados são melhores.

Embora a análise dos valores esperados seja importante para a tomada de decisão, é fundamental avaliar a variabilidade dos resultados. Mediante os dados do Quadro 8, percebe-se, por meio dos coeficientes de variação, que a estrutura e a composição de atividades do sistema de ILP, em comparação com aquelas dos demais sistemas, possibilitam obter indicadores financeiros menos dispersos em torno das médias. Nesse caso, utilizando a TIR como medida de referência, constata-se que o risco por unidade de retorno esperado é de 18,7%, 26,9% e 41,0%, respectivamente, nos sistemas de ILP, PV e BC.

Quadro 8 - Indicadores financeiros obtidos com simulações dos fluxos de caixa

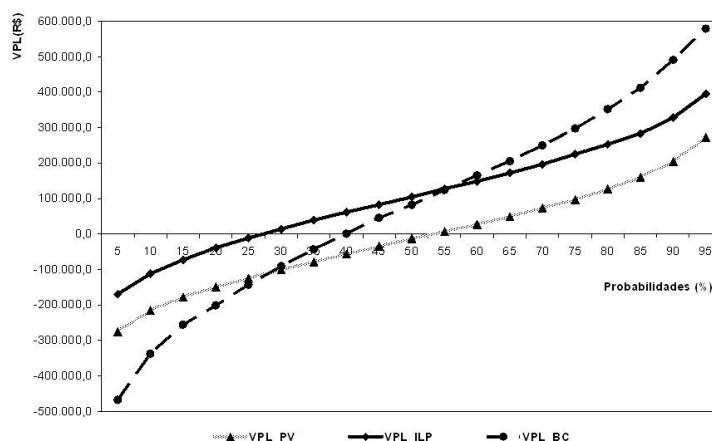
Sistema	Estatísticas	VPL	TIR	B/C
PV	Média	-3.659	12,0%	1,00
	Valor mínimo	-602.133	0,7%	0,89
	Valor máximo	699.853	29,4%	1,12
	Desvio padrão	165.947	3,2%	0,03
	Coefficiente de variação	4535,5%	26,9%	3,0%
	Chance de resultado positivo	47,7%	47,7%	47,7%
ILP	Média	114.367	13,7%	1,01
	Valor mínimo	-558.934	5,0%	0,93

	Valor máximo	743.701	26,0%	1,09
	Desvio padrão	176.585	2,6%	0,02
	Coefficiente de variação	154,4%	18,7%	2,1%
	Chance de resultado positivo	74,0%	74,0%	74,0%
BC	Média	81.610	13,6%	1,01
	Valor mínimo	-1.107.459	-7,6%	0,89
	Valor máximo	1.069.026	32,1%	1,11
	Desvio padrão	315.365	5,6%	0,03
	Coefficiente de variação	386,4%	41,0%	3,1%
	Chance de resultado positivo	60,8%	60,8%	60,8%

Fonte: Resultados da pesquisa.

Ainda com base no Quadro 8, a medida que indica a chance de obter resultado positivo é, também, muito útil para auxiliar na escolha do sistema que propicia os melhores resultados financeiros. Isso porque, neste estudo, entende-se por chance de resultado positivo os valores das probabilidades de encontrar um VPL maior do que zero, bem como obter uma razão B/C superior a 1 e uma TIR maior do que a TMA de 12,0% a.a. Ao analisar essa medida probabilística, constata-se que o sistema de ILP apresenta a maior probabilidade de ocorrerem resultados positivos, pois, em 74,0% dos fluxos de caixa simulados, o VPL foi maior do que zero, a TIR superou a taxa de 12,0% e a razão B/C esteve acima da unidade; para os sistemas de BC e de PV, essas probabilidades são, respectivamente, de 60,8% e 47,7%.

A respeito do VPL, foi elaborada ainda a Figura 2, que mostra, para os três sistemas, as várias possibilidades de valores presentes, vinculadas a diferentes níveis de probabilidades. Em nenhum nível de probabilidade, o VPL do sistema de PV supera o da ILP. Quanto ao sistema de BC, pode-se observar que, em até cerca de 55% de probabilidade, o VPL esperado é menor do que aquele do sistema de ILP.



Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 2 - Valores de VPL frente a diferentes níveis de probabilidade.

## 5. CONCLUSÕES

Sobre os sistemas de produção estudados, embora apresentem muitos componentes tecnológicos em comum, eles possuem diferenças bastante expressivas entre si. Essas diferenças devem-se, sobretudo, à composição das atividades. Enquanto o sistema de BC é especializado apenas na atividade de pecuária e o sistema de PV só contempla atividades agrícolas (soja, milho e trigo), o de ILP é o mais diversificado, pois possui todas as atividades agropecuárias presentes nos outros dois sistemas analisados. Adicionalmente, deve-se destacar que o sistema de ILP tende a ser o mais complexo, uma vez que exige, por parte do

produtor rural, um conjunto maior de conhecimentos técnicos e mercadológicos, que estão relacionados com atividades agrícolas e de pecuária.

Quanto aos indicadores financeiros dos três sistemas de produção, observou-se que, tanto em situações determinísticas como de incertezas, o sistema de ILP é apontado como a melhor alternativa. Ao assumir variações probabilísticas nas principais variáveis que afetam os referidos indicadores, conclui-se que, no longo prazo, a ILP apresenta maior probabilidade de gerar resultados positivos, representados por um VPL maior do que zero, uma razão B/C superior a 1 e uma TIR maior do que o custo de oportunidade do capital de 12,0% a.a.

A análise financeira evidenciou, também, que os fluxos de caixa dos sistemas estudados estão cercados por vários riscos operacionais e de mercado. De maneira significativa, esses fluxos são influenciados por diversas variáveis, dentre as quais se destacam os investimentos, as produtividades e os preços de vendas dos produtos. Ao testar a sensibilidade do VPL frente às variáveis independentes, verificou-se que os sistemas de PV e ILP são, em termos relativos, aqueles que apresentam resultados financeiros, respectivamente, mais e menos sensíveis a mudanças em um maior número de variáveis.

Em síntese, pode-se inferir que os resultados financeiros decorrentes da implantação da ILP são, em relação aos dos outros dois sistemas, menos vulneráveis a variações em fatores operacionais e de mercado. Portanto, com a conjugação de atividades agrícolas e de pecuária, tende a ocorrer melhor aproveitamento dos benefícios da diversificação no sentido de reduzir riscos não-sistemáticos, que são riscos específicos das atividades que compõem os sistemas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBROSI, I.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S. Análise de risco em sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens, sob sistema plantio direto. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 26., 1998, Cruz Alta. **Soja: resultados de pesquisa, 1997/98**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1998. p.260-267. (Embrapa Trigo. Documentos, 51).

BINGER, B. R.; HOFFMAN, E. **Microeconomics with calculus**. 2.ed. Massachusetts: Addison-Wesley, 1998. 633p.

BUARQUE, C. **Avaliação econômica de projetos: uma apresentação didática**. Rio de Janeiro: Campus, 1991. 266p.

CANZIANI, J. R.; GUIMARÃES, V. D. A. Análise da viabilidade econômica da pecuária de corte no “sistema de integração lavoura-pecuária” em substituição às culturas de trigo e milho safrinha no Estado do Paraná. In.: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, 2007. **Palestras...**, Curitiba: UFPR/UFRGS/OHIO STATE, 2007. 16p. 1 CD-ROM.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Séries históricas de produtividade de grãos: safra 1976/77 a 2006/07**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=131>>. Acesso em: 13 de julho de 2008.

CONSALTER, M. A. S. **Sistema de produção lavoura-pecuária: uma abordagem para a construção de indicadores integrados de sustentabilidade**. 2008. 224f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

COSTA, L. B. da.; CERETTA, P. S.; GONÇALVES, M. B. F. Viabilidade econômica: análise da bovinocultura de corte. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.36, n.8, p.26-38. Ago. 2006.

DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. **Investment under uncertainty**. New Jersey: Princeton University Press, 1994. 468p.

ELTON, E. J.; GRUBER, M. J.; BROWN, S. J.; GOETZMANN, W. N. **Modern portfolio theory and investment analysis**. 6.ed. New York: John Wiley & Sons, 2003. 705p.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 10.ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2004. 745p.

HADAWAY, S. C. Diversification possibilities in agricultural land investments. **The Appraisal Journal**, v.46, n.4, p.529-537. Oct. 1978.

KEYNES, J. M. **A teoria geral do emprego, da renda e da moeda; inflação e deflação**. 2.ed. São Paulo: Nova Cultural, 1985. 333p.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C. H. B. **Sistema de integração agricultura & pecuária**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. (Embrapa Gado de Corte. Circular Técnica, 53).

MARKOWITZ, H. M. Portfolio selection. **The Journal of Finance**, v.7, n.1, p.77-91. Mar. 1952.

MORAES, A. de; CARVALHO, P. C. de F.; PELISSARI, A.; ALVES, S. J.; LANG, C. R. Sistemas de integração lavoura-pecuária no subtropico da América do Sul: exemplos do Sul do Brasil. In.: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, 2007. **Palestras...**, Curitiba: UFPR/UFRGS/OHIO STATE, 2007. 27p. 1 CD-ROM.

NORONHA, J. F. **Projetos agropecuários: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1987. 269p.

ODA, A. L.; GRAÇA, C. T.; LEME, M. F. P. Análise de riscos de projetos agropecuários: um exemplo de como fundamentar a escolha entre projetos alternativos e excludentes. Disponível em: <<http://www.fearp.usp.br/egna/resumos/Oda&Graca.pdf>>. Acesso em: 13 de maio de 2007.

PALISADE CORPORATION. **@RISK - version 4.5**: risk analysis and simulation add-in for Microsoft® Excel. New York, 2002.

POPP, M.; RUDSTROM, M. Crop enterprise diversification and specialty crops. **Agricultural Finance Review**, v.60, n.1, p.85-98. 2000.

REILLY, F. K.; BROWN, K. C. **Investment analysis and portfolio management**. 7.ed. Cincinnati: Thomson-South Western. 2003. 1162p.

REZENDE, J. L. P. de; OLIVEIRA, A. D. de. **Análise econômica e social de projetos florestais**. Viçosa: UFV, 2001. 389p.

ROTZ, C. A. Modeling integrated farm systems: a tool for developing more economically and environmentally sustainable farming systems. In.: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, 2007. **Palestras...**, Curitiba: UFPR/UFRGS/OHIO STATE, 2007. 14p. 1 CD-ROM.

SANTOS, H. P. dos. *et al.* **Sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno e de verão, sob plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004. 39p. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 45). Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do45\\_1.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do45_1.htm)>. Acesso em: 28 de setembro de 2007.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M.; DERPSCH, R. Rotação de culturas. In: Embrapa Trigo, FUNDACEP-FECOTRIGO, FUNDAÇÃO ABC. **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p.85-103.

TRAVERS, F. J. **Investment manager analysis**: a comprehensive guide to portfólio selection, monitoring, and optimization. New Jersey: John Wiley & Sons, 2004. 384p.

VARIAN, H. R. **Microeconomia**: princípios básicos. 6.ed. Rio de Janeiro: Elsevier/Campus, 2003. 778p.

VERAS, L. L. **Matemática financeira**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1999. 259p.

WOILER, S.; MATHIAS, W. F. **Projeto**: planejamento, elaboração, análise. São Paulo: Atlas, 1994. 294p.

YOKOYAMA, L. P.; VIANA FILHO, A.; BALBINO, L. C.; OLIVEIRA, I. P. de; BARCELLOS, A. de. Avaliação econômica de técnicas de recuperação de pastagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.8, p.1335-1345. Ago. 1999.