

SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO APLICADA AOS CUSTOS DA CADEIA PRODUTIVA DO LEITE

SIMULACIÓN DE MONTE CARLO APLICADA A LOS COSTOS DE LA CADENA DE PRODUCCIÓN DE LECHE

MONTE CARLO SIMULATION APPLIED TO THE COSTS OF MILK PRODUCTION CHAIN

Vanessa Teresinha Alves¹, Daniel Writzl Zini², Liane Werner³

RESUMO

O conhecimento dos custos e dos riscos associados a qualquer atividade econômica tende a proporcionar uma série de possibilidades de criação de vantagens competitivas. Este trabalho realizou uma simulação de monte carlo em uma cadeia de suprimentos com dois elos utilizando valores de custos e receitas em uma função de lucro para cada empresa, um produtor, e um transportador de leite. Os resultados fornecem diretrizes para o aumento de produtividade e, em menor intensidade, para corte de alguns custos de ambas as empresas, assim orientando a busca por novas tecnologias para o aumento de lucratividade na cadeia.

Palavras-chaves: Simulação de Monte Carlo; Cadeia de Suprimentos; Custos; Cadeia Produtiva do Leite.

RESUMEN

Conocimiento de costos y riesgos asociados con cualquier actividad económica tiende a proporcionar una serie de posibilidades de las ventajas competitivas de la creación. Esta obra realizada a simulación monte carlo en una cadena de suministro con dos enlaces que utilizan el valor de costes e ingresos en una función beneficios para cada empresa, un productor y carrier leche. Resultados proporcionar directrices para la productividad y aumento en la intensidad menos, que reducir algunos costos de ambas compañías, guiando lo que la búsqueda de nuevas tecnologías para aumentar las utilidades en la cárcel.

Palabras clave: Monte Carlo de Simulacion; Cadena de Suministro; Costos; Cadena de Producción de Leche

ABSTRACT

The knowledge of the costs and risks associated with any economic activity tends to provide a range of possibilities for creating competitive advantage. This study conducted a monte carlo simulation in a supply chain with two links using values of costs and revenues in a profit function for each company, a

¹ Estudante de Doutorado em Engenharia de Produção e Transporte, Mestre em Engenharia de Produção e Bacharel em Logística. E-mail: vanerotta@hotmail.com

² Estudante Mestrado em Engenharia de Produção e Transporte e Bacharel em Engenharia de Produção. E-mail: daniel.zini@ufrgs.br

³ Doutora em Engenharia de Produção. Professora associada na mesma instituição nos cursos de Estatística e Engenharias, graduação, mestrado e doutorado. E-mail: liane@producao.ufrgs.br

producer, and a carrier of milk. The results provide guidelines for increased productivity, and lower intensity, to cut some costs of both companies, thus guiding the search for new technologies to increase profitability in jail.

Keyword: Monte Carlo Simulation; Supply Chain; Costs; Milk Production Chain.

1. INTRODUÇÃO

Muitos são os riscos associados à administração de cadeias produtivas de alimentos. Problemas econômicos como a evolução de custeio, commodities, barreiras políticas nacionais e internacionais, inviabilização geográfica devido a desastres, questões internas de planejamento da produção e dos estoques, transporte, riscos em competição e atendimento de mercados, combinam-se com os crescentes cuidados com o ambiente e com a qualidade dos produtos. Os custos de produção de leite despertam, nos dias atuais, grande interesse, pois são decisivos na estratégia de negociação entre a classe produtora e a indústria, bem como na discussão de políticas internas e de importação.

O leite é um produto consumido mundialmente, por isto sua produção é de grande importância. O Brasil é o sétimo maior produtor de leite do mundo, entre os mais de 400 países produtores, e detém um dos maiores rebanhos de vacas ordenhadas.

A pecuária leiteira apresenta altos níveis de tecnologia, produtividade e qualidade em diversas regiões do país (Martins et al, 2005). Porém, de acordo com Milkpoint (2012), a fim de lidar com problemas remanescentes neste setor do país e possibilitar seu desenvolvimento, tem acontecido diversos encontros entre especialistas da área.

Neste contexto, a cadeia de suprimentos do leite necessita se adaptar e reduzir incertezas dentro do contexto a qual esta inserida, verificando a viabilidade econômica da produção. Para tanto, uma possibilidade é a construção de uma simulação de cenários com diferentes probabilidades de ocorrência sendo possível definir estratégias mais convenientes em cada cenário além de poder formar um conjunto de estratégias factíveis para o todo, antevendo os riscos considerados.

Desta forma, este trabalho objetiva a avaliação dos custos na cadeia produtiva do leite através da simulação de Monte Carlo. Para tal, utilizam-se dados provenientes de duas empresas neste setor, uma de transporte, outra de produção leiteira.

1.1 Cadeia do Leite no Brasil

O leite cumpre como principal função a nutrição humana e animal dos bebês e filhotes até que eles sejam capazes

de digerir outros alimentos. Além da importante fonte de alimentação no início da vida, o leite é base de laticínios como a manteiga, o queijo e o iogurte. Além disso, o uso dos derivados do leite é muito frequente nas indústrias alimentícias, químicas e farmacêuticas para fabricação de produtos como o leite condensado, leite em pó, soro de leite, caseína ou lactose.

Segundo a Associação Brasileira dos Produtores de Leite a pecuária leiteira do Brasil começou em 1950, coincidindo com o surto da industrialização do país, começou a surgir, de forma muito tímida como elemento de comercialização. No final da década de 60 o leite tipo B ganha expressão nacional e o rumo da produção leiteira começa a se alterar. Entretanto, o salto mais qualitativo da pecuária leiteira aconteceu somente por volta de 1980 quando o setor exibiu um dinamismo sem

precedentes.

Conforme é apresentado pela tabela 1, a produção leiteira nacional produziu nos últimos trinta anos cerca de trinta milhões de litros de leites, com um rebanho de quase vinte e três mil vacas, além do nível de produtividade praticamente dobrar. A busca por competitividade em um mercado aberto e com preços livres possibilitou que a produtividade fosse o principal fator a explicar o crescimento da produção, ao contrário do passado em que o aumento de produção se dava pelo aumento do rebanho (Cileite, 2009). Estes resultados colocam o Brasil entre os dez principais países produtores de leite em todo o mundo, ficando atrás dos Estados Unidos, que é o responsável por quase 15% da produção, Índia (8,5%), China (6,0%) e Rússia (5,3%).

Tabela 1: Produção de leite e produtividade no Brasil – 1980/ 2010.

Ano	Volume produzido (milhões de litros)	Vacas Ordenhadas (mil cabeças)	Produtividade (litros/vaca/ano)
1980	11.162	16.513	676
1990	14.484	19.073	759
2000	19.767	17.885	1.105
2010	30.715	22.925	1.340

Fonte: Embrapa, 2012.

O cenário brasileiro atual tem a maior produção concentrada nos estados de Minas Gerais e Goiás, seguidos pelos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo e Paraná. Nas últimas décadas, a produção

leiteira sofreu mudanças acompanhando a tendência mundial nos países tropicais, buscando melhorar o valor gerado pela atividade e reduzir os custos envolvidos. A melhora nos transportes e a tecnologia

UHT de leite longa vida, menos perecível, contribuem para que a produção possa ser mais distante dos grandes centros de consumo, além do que, em regiões como São Paulo, o leite não consegue competir com a cana de açúcar, laranja ou outras culturas intensivas. No âmbito da cadeia produtiva nacional do leite, a distribuição do rebanho bovino está movendo em direção ao norte do país. No caso do sudeste, São Paulo apresentou maior queda de rebanho principalmente por causa da expansão da área cultivada de cana-de-açúcar (CARVALHO, HOTT e OLIVEIRA, 2007).

A indústria brasileira de laticínios é composta por empresas multinacionais, cooperativas, e empresas nacionais. Conforme Montoya e Finamore (2004), as mudanças estruturais no complexo lácteo assinalam ganhos de produtividade na produção de leite natural em virtude do maior grau de articulação com a indústria processadora, como método de modernização da pecuária leiteira. Nesse sentido, observa-se a manifestação de uma reação em cadeia em todo o setor lácteo. Ao serem pressionadas, as cooperativas incentivam seus produtores a investir em tecnologia e, assim, preparam projetos para financiar a compra de resfriadores e demais equipamentos, além de treinam seus produtores (PEREIRA, 2006).

O conhecimento da estrutura e da

distribuição espacial da pecuária leiteira é de grande relevância para definição de políticas de infraestrutura, transporte e logística, além de subsidiar estudos de viabilidade de projetos de desenvolvimento regional e setorial (CLEMENTE E HESPANHOL, 2009).

1.2 Área de estudo e fonte de dados

O Rio Grande do Sul é o segundo maior estado brasileiro produtor de leite, superado apenas pelo estado de Minas Gerais, e contribui com cerca de 12% da produção nacional no ano de 2011, segundo dados levantados pela Secretaria de Desenvolvimento Rural, Pesca e Cooperativismo (SDR, 2011), sendo os agricultores familiares são responsáveis por cerca de 85% dessa produção. Conforme dados da mesma instituição, no Rio Grande do Sul 48% dos produtores de leite possuem unidades de produção menores de 20 hectares e 79% possuem menos de 50 hectares destinados a produção de atividade pecuária.

A produção é relativamente bem distribuída pelo território, sendo que as regiões maiores produtoras ocupam as porções norte e nordeste do Estado. Entre os municípios produtores, os destaques ficam com: Marau, Casca, Santo Cristo e Palmeira das Missões. Juntos, estes municípios produzem em média de 201.950 mil litros. Somados a Ijuí, Ibirubá,

São Lourenço, Passo Fundo, Três de Maio, Crissiumal, Estrela, Augusto Pestana e Vila Maria são responsáveis pela produção de 14% do total do Estado.

1.3 Simulação de Monte Carlo

A simulação de Monte Carlo, segundo Hull (1999) consiste em gerar valores aleatórios para cada distribuição de probabilidades dentro de um modelo com o objetivo de produzir centenas ou milhares de cenários utilizando variável cuja distribuição de probabilidade seja conhecida. Para que estas distribuições estejam representando corretamente as variáveis do sistema, realizam-se testes de aderência dos dados reais com a distribuição escolhida para cada variável, assim maior confiança aos resultados da simulação (Werner, 1996).

Independentemente à cadeia de suprimentos, trabalhos como Green et al. (2004) e Hasewaga e Sone (1991) abordam a temática do leite com simulação de Monte Carlo, tratando do assunto por meio da análise da probabilidade de contaminação do leite. Já Hyde e Engel (2002) simulam sistemas de extração automatizados do leite e Bemrah et al. (1998) simulam probabilidades de disseminação de certa doença pelo leite.

A simulação de Monte Carlo em cadeias de suprimentos tem seguido quatro principais vertentes: (i) medidas de sucesso

para tentativas de coordenação na cadeia (Pezeshki et al., 2013; Sohn e Lim, 2008; Nair e Closs, 2006); (ii) riscos de perdas de fornecimento e suprimento (Klibi e Martel, 2010; Azadeh e Alem, 2010; Wu e Olson, 2008); (iii) planejamento ótimo da cadeia, geralmente também associado a outras técnicas (Kelloway et al., 2013; Lim, 2013; Alex Marvin et al., 2012); (iv) e planejamento, mais comum, onde uma modelagem estocástica é feita tipicamente para entender o sistema a partir de suas variáveis (Awudu e Zhang, 2013; Flick et al., 2012; Niu et al., 2012; Chouinard et al., 2008).

Velthuis et al. (2009) trata do planejamento da distribuição de custos diretos na cadeia do leite com o fim de compreender o sistema. Entretanto, ele não entra em detalhes nas etapas por motivo de que a cadeia escolhida possui muitos elos, e também não permite uma gestão mais fina desta em termos de custos, pois se limitou aos custos de retorno. Neste trabalho é abordada a questão mais específica dos custos em uma cadeia menor, possibilitando melhor detalhamento e consideração de probabilidades em custos totais de dois elos da cadeia.

2. MÉTODO DE TRABALHO

Adaptando o método de Werner (1996), o método deste trabalho seguiu seis etapas: (i) descrição da situação analisada;

(ii) definição de variáveis e constantes; (iii) seleção e teste da distribuição para cada variável; (iv) Simulação; (v) análise e teste da distribuição resultante; (vi) Utilização dos resultados da simulação para inferências no local de estudo.

Na primeira etapa, a situação contextual do caso é analisada a fim de decidir quais as questões pertinentes da empresa para o estudo com simulação de monte carlo. Sendo assim, o pano de fundo contextual e as características de duas empresas são descritas com o uso de entrevistas abertas aos donos e empregados das mesmas.

Na etapa dois, após o entendimento do contexto, são definidas as variáveis e constantes que entraram na simulação para o melhor entendimento do sistema a partir destas variáveis. O critério principal para a escolha destas variáveis foi disponibilidade e relação direta com o gerenciamento e com os ganhos do negócio de ambas as empresas.

Para a etapa três, devido à falta de dados que permitissem realizar testes quantitativos, utilizou-se a distribuição triangular, como recomendado na literatura e os valores centrais foram atribuídos com base na opinião de especialistas envolvidos no estudo.

Com a etapa quatro verifica-se o resultado do funcionamento conjunto de todas as variáveis e constantes em 500.000

rodadas de simulação. As mesmas são relacionadas através da medida mais relevante para a manutenção do negócio das empresas, ou seja, o lucro mensal em reais das mesmas. Foi utilizado o software crystalball.

Na etapa cinco é possível entender as probabilidades de ganhos de cada empresa. Atenta-se para a possibilidade de entender as curvas finais como distribuições agora conhecidas, e realizam-se os testes Kolmogorov-Smirnoff para as verificações.

Por fim, na etapa seis, inferências são realizadas para a gestão das empresas, e, sobretudo percebendo qual o seu papel dentro da cadeia de suprimentos. Também a questão econômica emerge com especial relevância para a análise de viabilidade financeira relacionada aos empreendimentos.

3. RESULTADOS

Os resultados são divididos conforme os passos do método de trabalho. Sendo assim, há resultados para cada um dos seis itens. Na sequência estão os resultados encontrados e a análise do contexto.

3.1 Situação analisada

O presente trabalho foi desenvolvido em uma propriedade rural localizada na região noroeste do estado do

Rio Grande de Sul. A propriedade conta com uma área de 60 hectares e um plantel de 80 vacas, sendo que destes, 56% animais estavam em lactação durante a realização do levantamento dos dados desta pesquisa. A propriedade, que possui o leite como principal fonte de renda, conta apenas com o proprietário e sua esposa e um funcionário contratado, responsáveis por todo o processo.

A ordenha dos animais ocorre duas vezes ao dia, pela manhã e no fim da tarde. O leite retirado é armazenado em um tanque de resfriamento, até a coleta e a contagem dos litros pelo funcionário (responsável pelo caminhão do laticínio), que ocorre a cada dois dias, não acarretando custo ao produtor.

São utilizados, aproximadamente, três alqueires para a pastagem dos animais, entre eles um alqueire é destinado para o plantio de cana de açúcar, que serve para a complementação da alimentação, principalmente no inverno, em que se percebe uma redução das pastagens devido às fortes geadas que ocorrem na região.

Os gastos da produção são

custeados com a receita da venda do leite. O preço recebido na venda pode mudar conforme a produção, e o laticínio não garante o mesmo valor pago por litro nos meses seguintes, esses valores são regulados regionalmente dependendo da oferta da matéria-prima, podendo ser diferente em relação a outras regiões ou ao preço pago a outros produtores no estado.

Através do acompanhamento feito na propriedade no período em que se deu o estudo, foi possível levantar os dados do produtor, bem como a área, animais, pastagem, custos da produção, as despesas, a quantidade de leite produzido e o valor recebido mensalmente com a venda do leite, o que permitiu a realização do presente trabalho.

3.2 Definição de variáveis e constantes

As variáveis escolhidas para comporem o sistema de custos da cadeia de dois elos foram dez e estão descritas na tabela 2. Já as constantes foram doze e estão descritas no quadro 1. As variáveis de um até três referem-se à transportadora, enquanto as demais pertencem ao produtor.

Tabela 2. Variáveis do sistema de custos da cadeia com dois elos

Nº	Variáveis	Mais provável	Máximo	Mínimo
1	Materiais Diretos Transporte	450,00	675,00	225,00
2	Manutenção	100,00	500,00	100,00
3	Consumo de combustível	0,25	0,29	0,20
4	Administração Materiais indiretos	200,00	240,00	160,00
5	Perdas Materiais indiretos	325,50	651,00	162,75
6	Manutenção Salários e encargos	166,65	833,25	133,32
7	Manutenção Materiais indiretos	98,76	197,52	49,38
8	Produção por vaca (l)	22,20	40,00	16,00
9	Produtividade (l)	0,56	0,90	0,30
10	Preço pago pelo litro ao produtor	0,63	0,90	0,50

Fonte: Elaborado pelos autores.

Semelhantemente, as constantes de A até D são do transportador, e as restantes do produtor. Todos os valores são em

unidades monetárias (reais) exceto as constantes K e L e as variáveis 8 e 9.

Quadro 1. Constantes do sistema

Letra	Constantes transportador	Valor	Letra	Constantes produtor	Valor
A	MDO Direta Transporte	500,00	F	Materiais Diretos Armazenagem	9566,50
B	Transporte depreciação	250,00	G	MDO Direta Armazenagem	25,50
C	Combustível	112,50	H	Administração Salários encargos	1500,00
D	Preço do combustível	3,00	I	Firma depreciação	588,00
E	Margem de ganhos por litro de leite	0,90	J	Perdas Salários encargos	724,50
---	---	---	K	Número de vacas	80
---	---	---	L	Dias do mês	30

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.3 Seleção e teste de distribuições

Usualmente se faz teste de distribuições históricas ou coleta de dados para as variáveis principais. Como neste caso não se dispunha destes elementos, preferiu-se utilizar a distribuição triangular para todas as variáveis.

→ Para as variáveis da transportadora, os materiais diretos de transporte foram considerados os valores em dobro para o cenário máximo, calculado com base no valor mínimo e como a metade do valor do cenário mais provável, justificado por uma ação conservadora.

→ Manutenção para os caminhões, considerando que o valor tende a aumentar à medida que aumenta a utilização do veículo e também é influenciado pelas condições de conservação do mesmo.

→ Consumo de combustível, os dados coletados registram em média de 4 km por litro, mas pode variar para cerca de mais 1 km por litro ou menos também dependendo da intensidade do uso.

→ Administração de Materiais indiretos tem pouca variação de valores, já que não está ligada diretamente a produção e a logística, sendo considerados materiais de apoio.

→ Perdas Materiais indiretos

como reparos em equipamentos foram consideradas o dobro ou metade já que a variação pode ser grande conforme o estado dos equipamentos, as condições de uso que podem levar a possíveis trocas de peças.

→ Manutenção Salários e encargos a variação é pequena em relação ao valor mínimo, considerando que a mão de obra é terceirizada.

→ Manutenção Materiais indiretos dobro ou metade, assim considerados porque os valores não são de alto impacto, mas quando ocorrem é fácil dobrar o valor.

→ Produção por vaca é a quantidade de leite que cada vaca pode produzir e estes são valores reais da empresa.

→ Produtividade trata-se da quantidade em percentual de animais que estão em lactação comparados com o plantel total. Neste caso em um plantel de 80 vacas, 45 estão em lactação, que corresponde a 56%.

→ Preço pago pelo litro ao produtor pode variar bastante no período de um ano, por haver altos picos de sazonalidade e a influência de chuvas e secas alteram produção e em consequência o mercado altera o preço.

Com a finalidade de permitir futuras adaptações e correções para

diferentes contextos, algumas justificativas são apresentadas para a composição dos valores das distribuições destas variáveis.

3.4 Simulação

Para realizar a simulação do lucro foram utilizadas as equações (1) e (2) para cada elo da cadeia, respectivamente, produtor e transportador. Foram realizadas 500 mil repetições. Após realizar a simulação, construiu-se um histograma dos

valores resultantes, que se encontram nas figuras 1 e 2.

$$\text{LucroProdutor} = \text{Var8} * \text{Var9} * \text{Var10} * \text{K} * \text{L} - (\text{F} + \text{G} + \text{H} + \text{I} + \text{J} + \text{Var5} + \text{Var6} + \text{Var7})$$

(1)

$$\text{LucroTransportador} = \text{Var8} * \text{Var9} * \text{K} * \text{L} * \text{E} - (\text{A} + \text{B} + \text{C} + \text{Var1} + \text{Var2})$$

(2)

Sendo as variáveis das equações (1) e (2) descritas conforme a tabela 2 e o quadro 1.

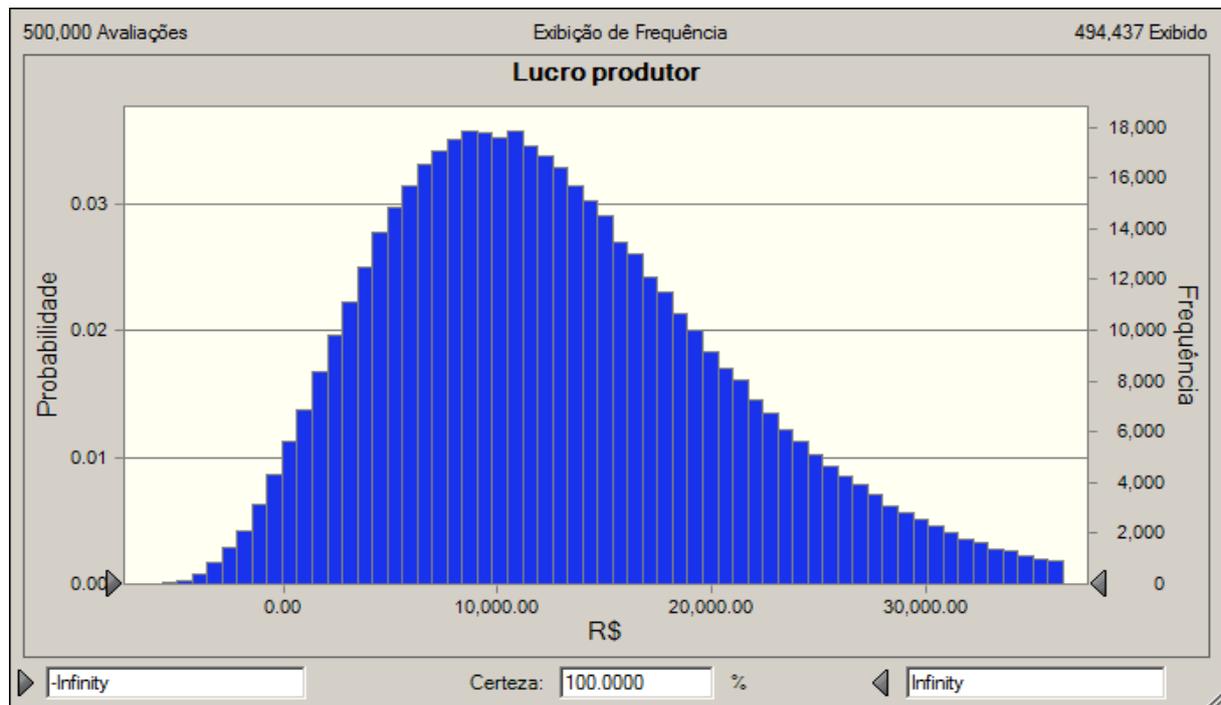


Figura 1-Probabilidade de lucro do produtor.

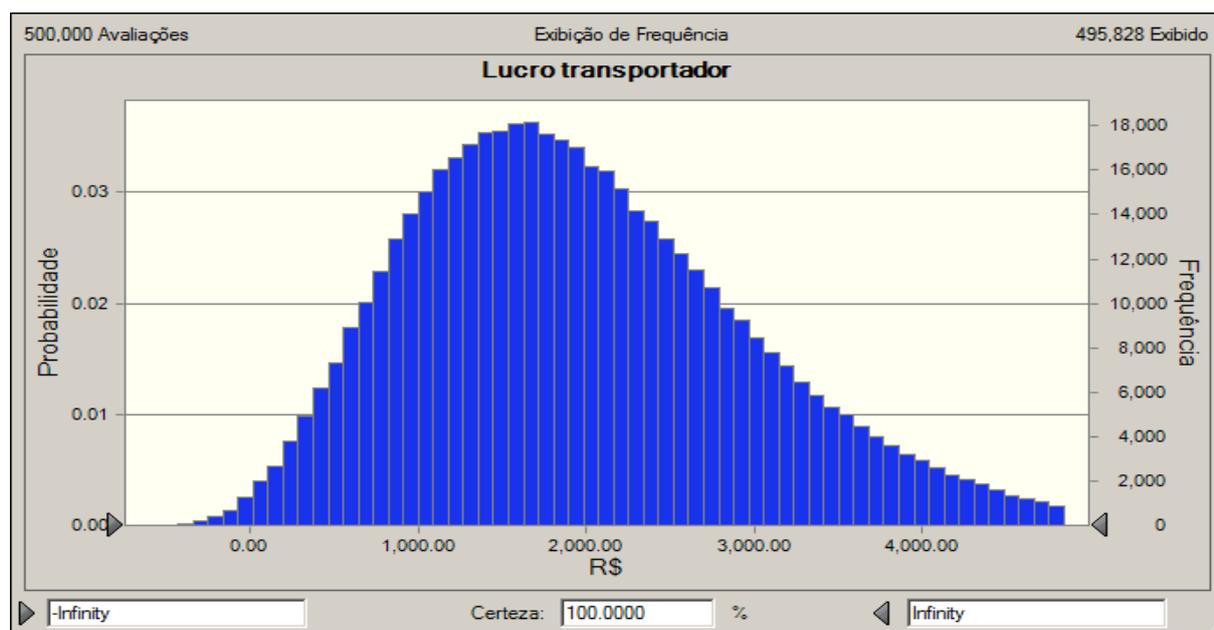


Figura 2-Probabilidade de lucro do transportador.

3.5 Análise e teste de distribuições resultantes

O teste de sensibilidade das distribuições em relação às variáveis pode ser acompanhado na tabela 3 e na figura 3. De acordo os testes de sensibilidade, há três variáveis que se destacam em sua correlação com as distribuições principais. Também algumas correlações negativas menores ocorrem, o que é inesperado, uma vez que todas as variáveis estão em uma relação diretamente proporcional com as distribuições.

O melhor ajuste para ambas as distribuições é pela distribuição Gamma, pelo teste de Anderson-Darling realizado com o software crystalball e que apresentou p-valor inferior a 0,000. O lucro do produtor apresentou distribuição gamma com parâmetro de localização igual a 947,97, de escala de 363,25 e de forma igual a 8,04. Já o lucro do transportador apresentou distribuição gamma com parâmetro de localização igual a 7584,65, de escala de 3419,90 e de forma igual a 6,00.

Tabela 3. Sensibilidade das distribuições de lucro em relação às variáveis mais importantes.

Variável	Sensibilidade produtor	Sensibilidade transportador
Produtividade	0,67	0,72
Produção por vaca	0,61	0,65
Preço/litro pago ao produtor	0,38	0,00

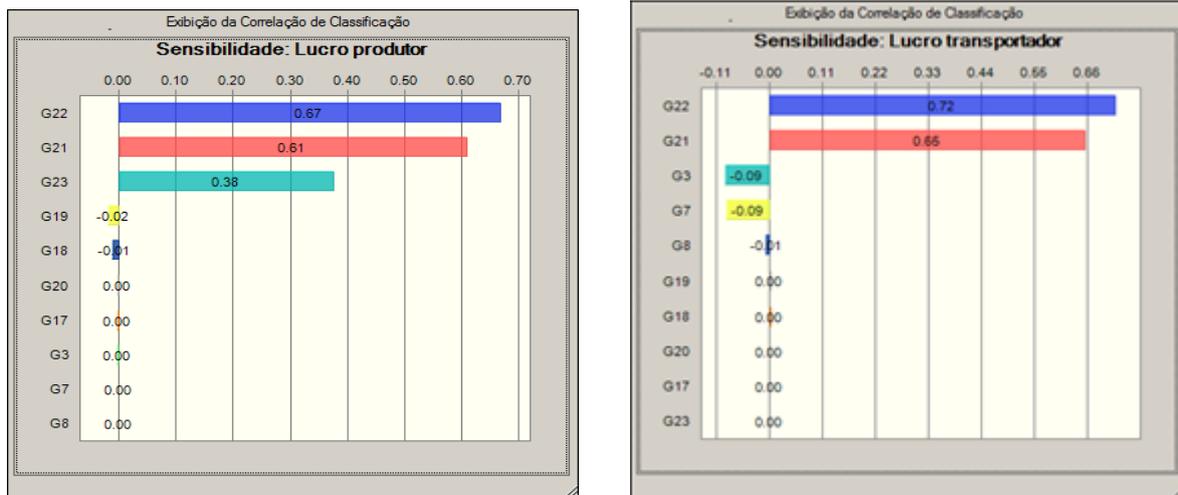


Figura 3: Sensibilidade das distribuições resultantes da simulação em relação às variáveis mais importantes.

Na distribuição de probabilidade de lucro do transportador houve alta sensibilidade à produtividade (número de vacas em lactação no mês) e à produtividade por vaca. Isso já era esperado porque estas são as variáveis do produto, e são as fontes do lucro. O mesmo acontece, obviamente, também com a distribuição de probabilidade de lucro do produtor. Nesta, no entanto, aparece ainda uma terceira variável importante, o preço pago ao produtor, com 48% de correlação, menor que as demais, o que é surpreendente para o caso, e confirma a necessidade dos estudos que proporcionem maior produtividade e lactação vista em

esforços recentes dos produtores (Milkpoint, 2012).

3.6 Utilização dos resultados

A figura 4 mostra que o lucro simulado para o produtor, com 95% de confiança, seria uma perda R\$ -52,26 até um lucro de R\$ 32.234,10, e conforme a simulação o transportador teria, com 95% de confiança, um lucro entre R\$ 316,97 e R\$ 4.293,97. Na figura 5, é possível observa que o lucro simulado do produtor ficou entre R\$ 6.837,21 e R\$ 17.900,19, e o do transportador entre R\$ 1.219,41 e R\$ 2.606,19, construindo um intervalo de confiança de 50%.

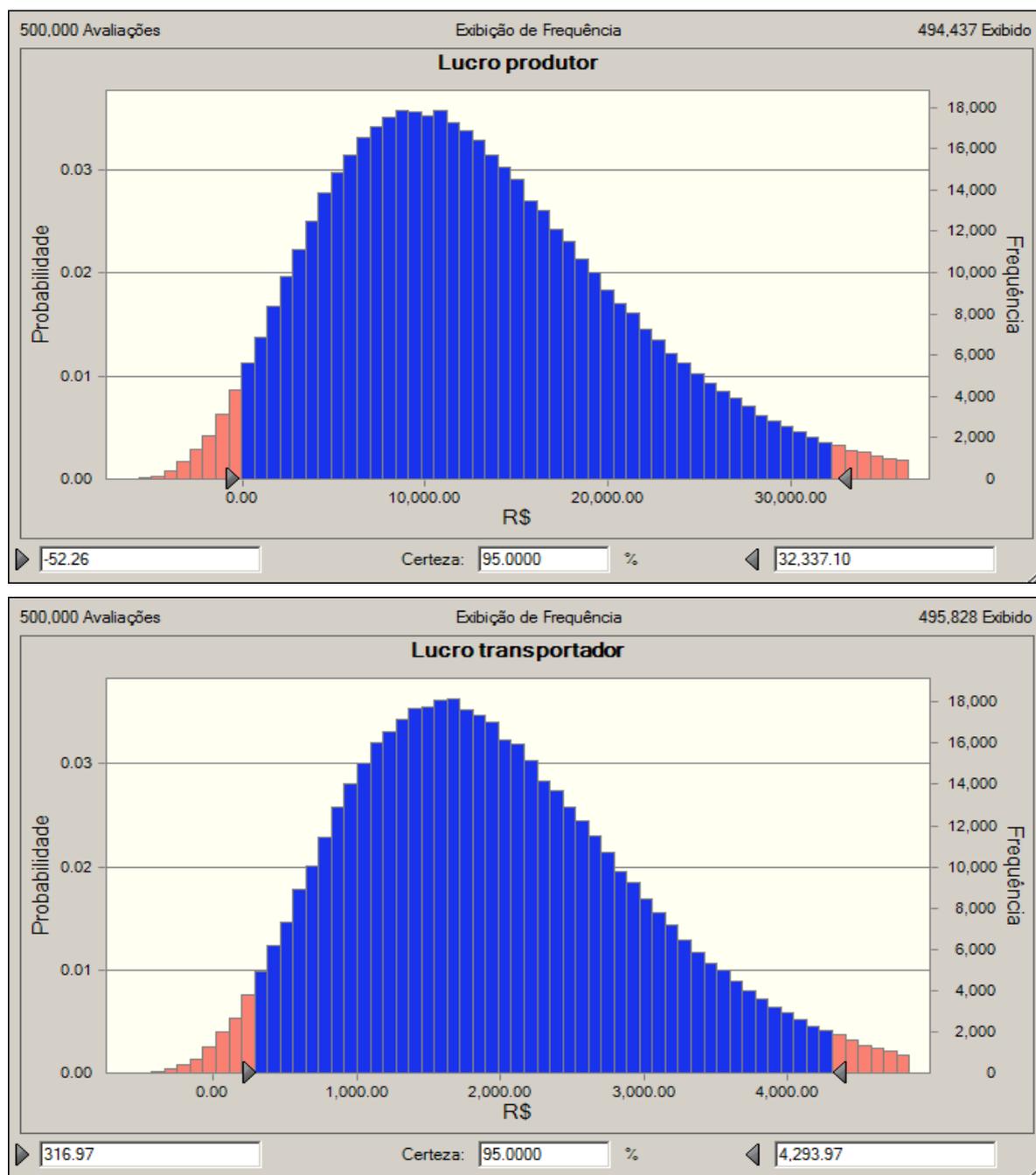


Figura 4 - Intervalo de 95% de confiança do lucro do produtor e do transportador. Software: *CrystalBall*.

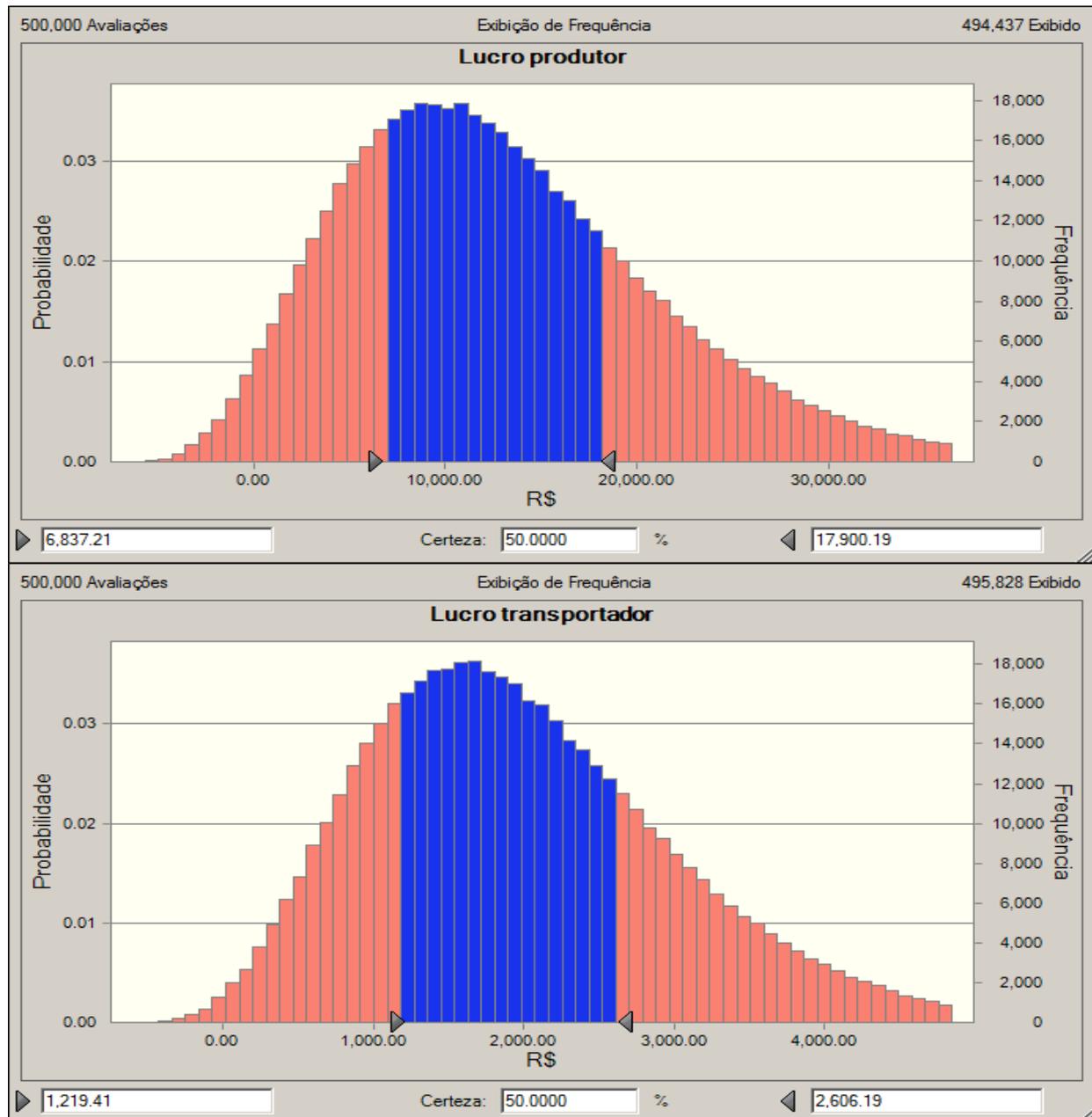


Figura 5 - Intervalo de 50% de confiança do lucro do produtor e do transportador. Software: *CrystalBall*.

4. DISCUSSÃO

As consequências destes resultados para o atual momento econômico da cadeia do leite são em essência as diretrizes para corte de custos e para aumento de lucratividade da cadeia. Percebe-se que, por exemplo, o transportador está tendo uma lucratividade mais elevada, o que, no

entanto está condicionado à consideração de sua margem como uma constante, ou seja, ele sempre ganha R\$ 0,09 por litro transportado. No entanto, isto poderia também ser sujeito a variações, no caso não em horizontes mensais como nesta simulação, mas sim anuais, logo a simulação pode ser revisitada

periodicamente.

As diretrizes fornecidas voltam-se primeiro para o aumento de produtividade, onde devem se concentrar os esforços para que a lucratividade aumente. Novas tecnologias devem ser buscadas para tal. O mesmo se aplica para o corte de custos, onde, em menor escala, a manutenção de caminhões e de equipamentos de produção, materiais diretos de transporte, e perdas no produtor podem ser endereçados. A ênfase, contudo, recai muito maior sobre o transporte quanto aos custos, e sobre o produtor quanto à produção, a qual acaba afetando também o transportador, inclusive em maior escala do que ao próprio empreendimento produtor.

Portanto, o transportador deveria preocupar-se também com a produtividade do produtor. Com a visão da cadeia de suprimentos, ele seria mais beneficiado com a melhora da outra empresa do que ela própria. A sugestão mais pertinente seria que o transportador e o produtor devem buscar em conjunto a melhoria da produtividade da propriedade do produtor, e isto beneficiará a ambos. Também será muito mais relevante esta ação conjunta do que a tentativa individual de ambos para tentarem cortar custos em suas empresas. A cooperação é extremamente válida.

5. CONCLUSÕES

As diretrizes fornecidas voltam-se primeiro para o aumento de produtividade, e segundo para o corte de alguns custos específicos, assim orientando a busca por novas tecnologias para o aumento de lucratividade na cadeia de suprimentos do leite. A cooperação entre as empresas tem um potencial de aumento na lucratividade de ambas muito superior a eventuais tentativas de redução de custos.

Isso mostra que, no longo prazo, os custos tendem a se compensar, mesmo com grandes variações. Conforme a abordagem administrativa da teoria das restrições (Goldratt, 1995), onde se busca aumento de ganhos ao invés da redução de custos (Marques, 1998), este trabalho mostra que a cadeia do leite é um caso típico para esta constatação.

A simulação de Monte Carlo é uma ferramenta útil para o estudo de incertezas em custos, e fornece uma excelente base para a avaliação de investimentos e empreendimentos, especialmente com diversos empreendimentos envolvidos. Com esta análise é possível compreender o comportamento futuro de sistemas, neste caso o mais vulnerável do segmento da cadeia agroindustrial, cujas variáveis possam ser expressas como distribuições de probabilidades.

REFERÊNCIAS

1. AWUDU, I.; ZHANG, J.. Stochastic production planning for a biofuel supply chain under demand and price uncertainties. *Applied Energy*, 2012.
2. AZADEH, A.; ALEM, S M. A flexible deterministic, stochastic and fuzzy Data Envelopment Analysis approach for supply chain risk and vendor selection problem: Simulation analysis. *Expert Systems with Applications*, v. 37, n. 12, p. 7438-7448, 2010.
3. BEMRAH, N., et al. Quantitative risk assessment of human listeriosis from consumption of soft cheese made from raw milk. *Preventive Veterinary Medicine*, 37(1-4), 129-145. doi:10.1016/S0167-5877(98)00112-3. Acesso em Nov. 4, 2013, disponível em <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167587798001123>
4. CARVALHO, G.R; HOTT, M.C; OLIVEIRA, A.F. Análise espacial da produção de leite no estado de Minas Gerais em base microrregional. Sober, 2007.
5. CENTRO DE INTELIGÊNCIA DO LEITE (CILEITE). Panorama do leite. Acesso em Nov. 17, 2013. Disponível em: <http://guernsey.cnpgl.embrapa.br/>
6. CHOUINARD, M. et al. Modeling for Designing a Value Loop: A Wheelchair Allocation Application. *Cirrelt*, 2008.
7. CLEMENTE, E. C.; HESPANHOL, A. N..Reestruturação da cadeia produtiva do leite: a especialização do produtor é a solução?. *Campo - Território*, v. 4, p. 180-211, 2009.
8. ECONÔMICA, ESTUDO DE RENTABILIDADE. Estudo de rentabilidade econômica, sob condição de risco, para três sistemas produtivos de bovinocultura de leite em Piracanjuba-GO.
9. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Leite no Brasil e no mundo: aspectos socioeconômicos e ambientais. Acesso em Dez. 02, 2013. Disponível em <https://www.embrapa.br/>
10. FLICK, D. et al. Combined deterministic and stochastic approaches for modeling the evolution of food products along the cold chain. Part I: Methodology. *International Journal of Refrigeration*, v. 35, n. 4, p. 907-914, 2012.
11. GOLDRATT, E. M.; COX, J. A meta: um processo de aprimoramento contínuo; The goal: a process of ongoing improvement. 1995.
12. GREEN, M. J. et al. The use of Markov chain Monte Carlo for analysis of correlated binary data: patterns of somatic cells in milk and the risk of clinical mastitis in dairy cows. *Preventive veterinary medicine*, v. 64, n. 2, p. 157-174,

- 2004.
- 13. HASEGAWA, M.; SONE, Y.** Rarefied gas flow through a slit. *Phys.Fluids A*, v. 3,n. 3, p. 466–477, 1991.
- 14. HYDE, J.; ENGEL, P.** Investing in a robotic milking system: A Monte Carlo simulation analysis. *Journal of dairy science*, v. 85, n. 9, p. 2207-2214, 2002.
- 15. HULL, J. C.** Options, Futures and Other Derivatives. 4th. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1999.
- 16. KELLOWAY, A. et al.** Process Design and Supply Chain Optimization of Supercritical Biodiesel Synthesis from Waste Cooking Oils. *Chemical Engineering Research and Design*, 2013.
- 17. KLIBI, W.; MARTEL, A.; GUITOUNI, A.:** The design of robust value-creating supplychain networks: A critical review. *European Journal of Operational Research*. Vol, 203, nº2, pp. 283-293, 2010.
- 18. LIM, S.** A joint optimal pricing and order quantity model under parameter uncertainty and its practical implementation. *Omega*, 2013.
- 19. MARQUES, J. A.; CIA, J. N..** Teoria das restrições e contabilidade gerencial: interligando contabilidade a produção. *Revista de Administração de Empresas*, v. 38, n. 3, p. 34-46, 1998.
- 20. MARTINS, R.S; REBECHI, D; PRATI, C.A; CONTE, H.** Decisões estratégicas na logística do agronegócio: compensação de custos transporte-armazenagem para a soja no estado do Paraná. *Rev. adm. contemp.*, Curitiba, v. 9, n. 1, Mar. 2005.
- 21. MARVIN, A; W; SCHMIDT, L.D. BENJAAFAR; S. TIFFANY, D.G; DAOUTIDIS, P.** Economic optimization of a lignocellulosic biomass-to-ethanol supply chain. *Chemical Engineering Science*, v. 67, n. 1, p. 68-79, 2012.
- 22. MILKPOINT-**
<http://www.milkpoint.com.br/cadeia-a-do-leite/giro-lacteo/2-workshop-da-leite-sao-paulo-debate-complexidade-na-cadeia-do-leite-entrevista-com-marcello-moura-campos-71472n.aspx>, 2012.
- 23. MONTOYA , M. A. & FINAMORE, E. B.** Delimitação e encadeamentos de sistemas agroindustriais: o caso do complexo lácteo gaúcho. *Texto para discussão (UPF)*. Passo Fundo – RS: UPF editora, n. 03, p.17, 2004.
- 24. NAIR, A; CLOSS, D. J.** An examination of the impact of coordinating supply chain policies and price markdowns on short lifecycle product retail performance. *International Journal of Production Economics*, v. 102,

n. 2, p. 379-392, 2006.

25. PEREIRA, F. I. Proposta Modelar de custos ABC na definição do custo alvo: um estudo na cadeia agronegocial láctea gaúcha. Tese de doutorado. UFRGS, 2006.

26. SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO RURAL, PESCA E COOPERATIVISMO - SDR. Produção e perspectivas da cadeia do leite na agricultura familiar. 2011.

27. SOHN, S. Y.; LIM, M. The effect of forecasting and information sharing in SCM for multi-generation products. *European Journal of Operational Research*, v. 186, n. 1, p. 276-287, 2008.

28. WERNER, L. Modelagem dos tempos de falhas ao longo do calendário. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1996.

29. WU, D; OLSON, D. L. Supply chain risk, simulation, and vendor selection. *International Journal of Production Economics*, v. 114, n. 2, p. 646-655, 2008.

Sources of funding: No
Conflict of interest: No
Date of first submission: 2015-03-31
Last received: 2015-04-07
Accepted: 2015-04-07
Publishing: 2015-04-30