

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Departamento de Economia - DECON

Programa de Pós-Graduação em Organizações e Mercados - PPGOM



Dissertação

**OS INCENTIVOS ECONÔMICOS À COMPRA DE COLHEDORAS PELO PRONAF-
MAIS ALIMENTOS PARA OS PRODUTORES DE ARROZ IRRIGADO DO RIO
GRANDE DO SUL**

João Mairton Moura de Araújo

Pelotas, 2015

João Mairton Moura de Araújo

**OS INCENTIVOS ECONÔMICOS À COMPRA DE COLHEDORAS PELO PRONAF-
MAIS ALIMENTOS PARA OS PRODUTORES DE ARROZ IRRIGADO DO RIO
GRANDE DO SUL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Organizações e Mercados da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Economia Aplicada.

Orientador: Mário Conill Gomes.

Pelotas, 2015

João Mairton Moura de Araújo

**OS INCENTIVOS ECONÔMICOS À COMPRA DE COLHEDORAS PELO PRONAF-
MAIS ALIMENTOS PARA OS PRODUTORES DE ARROZ IRRIGADO DO RIO
GRANDE DO SUL**

Dissertação aprovada, como requisito parcial,
para obtenção do grau de Mestre em
Economia Aplicada, Programa de Pós-
Graduação em Organizações e Mercados,
Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: _____ de _____ de 20____.

Banca Examinadora:

Prof.Dr. Mário Conill Gomes

Prof.Dr. André Carraro

Prof.Dr. Antônio Lilles

Resumo

de Araújo, João Mairton Moura. **Os incentivos econômicos à compra de colhedoras pelo Pronaf-Mais Alimentos para os produtores de arroz irrigado do Rio Grande do Sul**. 2015. 43f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Programa de Pós-Graduação em Organizações e Mercados, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

A inclusão de colhedoras como item financiável pelo Pronaf-Mais Alimentos se apresenta como uma oportunidade para a difusão de tal tecnologia entre os agricultores familiares do Brasil. Todavia, os dados de vendas de máquinas não evidenciam um processo de difusão acelerado. Uma vez que a dependência de incentivos econômicos para os processos de difusão tecnológica são bem estabelecidos, o presente estudo avalia os impactos da compra de colhedoras pelas regras do financiamento do Mais Alimentos para os agricultores a partir da modelagem dos custos do investimento. Com a análise focada nos produtores familiares de arroz irrigado do Rio Grande do Sul, estima-se que os custos provenientes da compra de máquinas são inferiores aos custos de contratação de colhedoras terceirizadas. Portanto, os termos do programa são adequados à difusão de tal tecnologia nas pequenas propriedades arrozeiras do estado. Entre as configurações de máquinas, as colhedoras de maiores capacidade operacionais se revelaram as menos custosas.

Palavras-Chave: Agricultura Familiar; Mecanização da Agricultura; Modelo de Custos.

Abstract

de Araújo, João Mairton Moura. **The economic incentives for purchasing harvester combine via Pronaf-Mais Alimentos for irrigated rice farmers in Rio Grande do Sul.** 2015. 43f. Dissertation (Master Degree in applied economics) – Programa de Pós-Graduação em Organizações e Mercados, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

The inclusion of combine harvesters as a fundable asset under Pronaf-Mais Alimentos presents as an opportunity for that technology's diffusion among family farmers in Brazil. However, the machinery's sells data does not point an accelerated diffusion process. Once the technology diffusion process dependency of economics incentives is settled, this research aims evaluating the impacts of a harvester combine financing via "Mais Alimentos" program for farmers based in a costs model of the investment. Being the analyses focused on irrigated rice farmers in Rio Grande do Sul, it is estimated that the costs of the machinery purchasing are lower than the alternative costs of service hiring, therefore the financing program terms are suitable to that technology's diffusion process among small irrigated rice farms of the state. Among the machinery settings, the harvester combine of highest operating capacity tend to have the lowest costs.

Keywords: Family Farming;, Agricultural Mechanization; Costs Models.

Lista de Figuras

Figura 1	Gráfico dos CAUE's das colhedoras por idade do investimento	30
Figura 2	Gráfico dos CAUE's das colhedoras por idade do investimento, ignorando as perdas como custo	31
Figura 3	Gráfico dos CAUE's das colhedoras por idade do investimento, restrição de $t_N=426$ horas	32
Figura 4	Gráfico do Lucro líquido máximo da colheita terceirizada e nível de perdas da operação (p_N) utilizando-se cada colhedora (classe III ou IV) por quantidade de agricultores atendidos	36
Figura 5	Gráfico dos CAUE's individuais por idade do investimento: colhedora própria (Classe IV) e terceirizada	38

Lista de Tabelas

Tabela 1	Produção de Arroz em casca pela agricultura familiar no Rio Grande do Sul	11
Tabela 2	Características das colhedoras financiáveis pelo Mais Alimentos no Rio Grande do Sul, Safra 2013/2014	18
Tabela 3	Especificação do ambiente de escolha de colhedoras, alguns parâmetros	19
Tabela 4	Amostra de colhedoras em operação nas lavouras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul em 2014	21
Tabela 5	Modelo de precificação de colhedoras, variável dependente: Preço (PC_N)	27

Sumário

1	Introdução	8
2	Revisão Bibliográfica	10
3	Método	12
3.1	Modelagem dos Custos Econômicos das Colhedoras	12
3.2	Simulação dos custos de uma colhedora para arroz irrigado pelo programa mais alimentos no Rio Grande do Sul	16
4	Resultados	29
4.1	Custos e vida econômica	29
4.2	A importância do nível de perdas	31
4.3	Como colher: colhedora própria ou terceirização?	33
5	Conclusões e Considerações Finais	39
	Referências	41

1 Introdução

A mecanização da produção agrícola é um fator importante para o aumento da produtividade da agricultura. Com o objetivo de fomentar a atividade de agricultores familiares, o governo federal criou um programa de financiamento subsidiado de máquinas para tal público, o Pronaf-Mais Alimentos. A importância do acesso ao crédito foi recentemente avaliada por Obrimah et al. (2014), evidenciando um impacto positivo na adoção de tecnologias de produção por agricultores familiares na Nigéria.

Porém, o programa de financiamento Mais Alimentos conta com uma série de regras dotadas de discricionariedade que direcionam para públicos e ativos específicos. Assim, espera-se que o sucesso do avanço da mecanização entre os agricultores familiares seja condicionado à adequação dos termos do programa às demandas dos produtores.

Em estudo recente Manuelli; Seshadri (2014) apontam a coerência entre o processo de difusão de tratores nos Estados Unidos e as previsões advindas das teorias clássicas do comportamento da firma. Naquele trabalho, foi evidenciado que as demandas dos agricultores por tecnologias concorrentes são bem explicadas pelas diferenças dos custos de operá-las. Por outro lado, Takeshima et al. (2013) apontam que mesmo quando os custos das tecnologias se revelam adequados, problemas como a deficiência de oferta podem travar o processo de difusão em localidades específicas.

A adição no ano de 2010 de colhedoras de grão como item financiável pelo Mais Alimentos constituiu uma oportunidade de se intensificar a difusão de colhedoras de menor porte entre agricultores familiares no Brasil. A intenção dos termos do financiamento é incentivar a organização de grupos de agricultores para adquirir colhedoras de características específicas.

O financiamento em grupo tem o papel de adequar a capacidade operacional das colhedoras novas à extensão das terras dos produtores familiares, os quais em geral colhem individualmente áreas muito pequenas onde mesmo as menores colhedoras financiáveis operariam com alto grau de capacidade ociosa. A regra específica que limita o crédito individual de cada produtor à apenas parte do valor total das colhedoras

disponíveis indúz ao agrupamento entre os produtores que desejarem financiar a totalidade do valor do ativo.

Dados da Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores apontam que em 2013 a venda de colhedoras de grãos no Brasil atingiu seu pico histórico. Por outro lado, no estado do Rio Grande do Sul os dados sobre financiamento de colhedoras não evidenciam uma aceleração no processo de difusão desta tecnologia. A quantidade total de contratos de financiamentos de colhedoras automotrizes nacionais no estado em 2012 foi 966 enquanto em 2008, quando colhedoras não podiam ser financiadas pelo Mais Alimentos, foi de 949. O estado do Rio Grande do Sul concentra aproximadamente 67% da produção de arroz do Brasil, (CONAB, 2012), e a maioria dos estabelecimentos são de caráter familiar, IBGE (2006).

Neste contexto, justifica-se uma investigação quanto à atratividade das colhedoras para os produtores de arroz no estado, dadas às regras do programa de fomento quanto ao financiamento em grupo e às características das máquinas.

Assim, o objetivo geral deste estudo é detalhar os custos das colhedoras financiáveis pela agricultura familiar do Rio Grande do Sul nos termos do Mais Alimentos e a partir disso avaliar se estes custos favorecem a difusão da tecnologia. Tal objetivo é perseguido através de uma análise quanto à vida econômica das colhedoras apontando a escolha de menores custos para os grupos de agricultores. Além disso, procura-se conhecer a sensibilidade dos custos dos produtores e repercussões na vida econômica do ativo à alterações no cenário simulado. E, em uma última análise, os custos da opção de compra da colhedora nova são comparados aos custos da contratação de serviços de colheita terceirizada, tendo com isso elementos mínimos para apontar a atratividade do investimento, especificadas as condições em que seria feito.

O método, portanto, está relacionado aos custos das colhedoras financiáveis. A base da modelagem apresentada no presente estudo é realizada através do fluxo de caixa dos investimentos. Tal método é de aplicação consolidada em estudos sobre estratégias de investimento na agricultura e adoção de tecnologias como reconhece Chavas et al. (2010), podendo ser observadas em Takeshima et al. (2013), Weersink; Stauber (1988), Reid; Bradford (1987), Audsley; Wheeler (1978) e Boehlje; White (1969), entre outros. Entretanto, a aplicação de tal método é amplamente utilizada na

avaliação de tratores, enquanto é dada menor atenção aos estudos de difusão de tecnologias de colheita. Na análise de custos das colhedoras, o presente estudo especifica uma dimensão particular destas máquinas – as perdas – inovando na modelagem cuidadosa dos custos advindos desta dimensão.

Por tal metodologia, são duas as principais dimensões que compõem as estratégias de investimento. Para cada opção de investimento define-se o período em que a série atinge o seu valor ótimo (a vida econômica) e qual combinação de tecnologias possui o melhor retorno.

Utilizando tal metodologia, a avaliação das opções de compra dos agricultores é feita nas duas dimensões descritas anteriormente, além de simulações quanto a parâmetros estruturais como a composição dos grupos de agricultores e o tempo máximo disponível para as operações.

Como resultados mais relevantes, foi constatado que o desenho das regras do Mais Alimentos favorecem, em termos de custos, a troca da colheita terceirizada pela operação de uma colhedora própria. A vida econômica de cada investimento foi descrita. Além disso, foi possível apontar menores custos das máquinas maiores e o tamanho do grupo de agricultores que resultaria nos menores custos individuais para os produtores.

Além desta introdução, o estudo segue com a seção metodológica onde é apresentado o modelo de custos de colhedoras de arroz e logo após, as regras do Mais Alimentos e o ambiente de produção de arroz no estado são simulados dentro do modelo. Adicionalmente, os resultados das simulações são apresentados e então seguidos das considerações finais.

2 Revisão Bibliográfica

A agricultura familiar não conta com uma definição unânime. Embora as várias definições contemplem alguns elementos em comum, em geral não existe uma caracterização rígida.

Entre os pontos apontados como definidores dos produtores familiares, os mais importantes são a relação entre gestão e trabalho serem majoritariamente desempenhados por uma unidade familiar, a alta parcela da renda advinda da produção agrícola e a pequena propriedade rural, aspectos destacados em FAO/INCRA (1994), BITTENCOURT e BIANCHINI (1996), BÉLIÈRES et al. (2002), SACCO DOS ANJOS (2003), ANDERSSON et al (2010) *apud* Andersson (2010).

Para o ministério da agricultura (MDA) (2014), uma vez cadastrados como agricultores familiares, os produtores rurais tem diversas formas de ter suas produções fomentadas. No caso das colhedoras para a produção de arroz irrigado, é exigido que a renda anual da lavoura não seja maior que R\$ 350 mil. A importancia da agricultura familiar na produção de arroz irrigado no Rio Grande do Sul está explicitada na Tabela 1.

Tabela 1 - Produção de Arroz em casca pela agricultura familiar no Rio Grande do Sul em 2006

	Familiar	Não Familiar
Estabelecimentos	7.177	4.790
Quantidade produzida (kg)	575.435.329	4.821.221.897
Área colhida (ha)	99.736	768.434
Valor da produção (R\$)	238.422.741,00	1.996.895.768,00

Fonte: IBGE (2006).

Os recursos vêm do PRONAF, programa de fomento que em 2007 teve o volume de financiamentos de R\$ 1,6 bilhões no Rio Grande do Sul e em 2012 foi de R\$ 3,8 bilhões segundo o BCB (2014). O mesmo órgão, especificando os tipos de itens financiados, informa que no periodo 2007-2012 a participação das maquinas e equipamentos no tortal de financiamentos variou de 14% à 23%. Contabilizando todas as fontes de financiamentos, o que inclue a linha de crédito PRONAF-Mais Alimentos, observou-se que o volume de contratos de financiamentos de colhedoras no Rio Grande Sul em 2012 era 4,5 vezes maior que em 2007, porém o crescimento do volume de credito foi fortemente influenciado pelo crescimento do valor individual das operações, e não da quantidade total de contratos.

O Mais Alimentos começou a financiar colhedoras em 2010. Atualmente podem ser financiadas colheras que variam de R\$ 211 milhões à R\$ 323 milhões, com um limite máximo de R\$ 150 milhões em crédito por agricultor, sendo assim necessário acumular os crédito de mais de um produtor para financiar o equipamento em grupo.

A escolha de colhedoras deve envolver os custos de cada opção de máquinas. Na literatura, o uso de modelos de investimentos baseados no valor presente da série de custos na agricultura é consagrado. Observa-se tal aplicação em trabalhos diversos como em Takeshima et al. (2013), Weersink; Stauber (1988), Reid; Bradford (1987), Audsley; Wheeler (1978) e Boehlje; White (1969).

Porém, as colhedoras contém uma dimensão peculiar que consiste na operação com perdas. Assim, a modelagem geral baseada em custos operacionais e de capital deve ter adicionados os custos representados por essa dimensão que está vinculada às condições operacionais mais não se refletem diretamente como observa BORGES et al. (2006). Assim, o presente trabalho difere da abordagem padrão e converte tal dimensão em custos para o modelo de fluxos de caixa.

As perdas da colheita passam então da abordagem técnica de desempenho da colhedora, observada em estudos como Thompson; Mutters (2006), Chimchana et al. (2008), Lu et al. (1995), Andrews et al. (1993) para uma abordagem econômica de

custos, abordagens distintas que não tem os mesmos objetivos. Por um lado, a abordagem operacional técnica almeja minimizar o nível de perdas da colheita. Distintamente a abordagem econômica busca a minimização dos custos de produção, tanto os explícitos quanto os implícitos. Assim, alcançar o objetivo por uma abordagem não conduz necessariamente ao objetivo da outra.

3 Método

3.1 Modelagem dos Custos Econômicos das Colhedoras

Para avaliar a adequabilidade dos termos do programa de financiamento foi utilizada uma modelagem de custos multi-períodos, os quais podem ser consolidados em valor presente para uma análise comparativa. Tal modelagem é amplamente utilizada na literatura que investiga estratégias de decisões de investimento e gerenciamento de ativos na agricultura. Assim, tendo em vista o investimento específico, foi adaptada a abordagem de Reid; Bradford (1987) a qual além dos fluxos financeiros genéricos, (ver também GRANT et al., 1982), considera os custos de uma capacidade operacional inadequada.

Como o objetivo da modelagem é avaliar a atratividade da compra de colhedoras nos termos do Mais Alimentos, alguns pontos merecem ser detalhados no método de avaliação.

O primeiro ponto se refere à unicidade temporal das condições do investimento. A análise de custos se limita a situação de compra no período atual, não considerando possibilidades de estratégias minimizadoras de custos que posterguem o investimento, uma vez que o comportamento dos termos do programa bem como o dos parâmetros-chaves são pouco previsíveis em períodos futuros. Com isso, foram excluídas as possibilidades de qualquer implicação quanto à substituição do equipamento. Ou seja, a modelagem se refere aos custos da compra da máquina no período atual e posterior alienação em um período futuro, quando se enceram todos os fluxos financeiros do investimento. Com isso, não se definiu um horizonte de planejamento fixo, mas sim os custos relacionados ao investimento com qualquer duração razoável. Dadas as diferentes idades do investimento, a minimização de custos é feita com base no valor anual equivalente dos custos simulados.

Postas as devidas considerações, os componentes genéricos do modelo de custos para colhedoras de arroz é apresentado como segue.

Sobre o capital próprio:

$$K = PF - F \quad (1)$$

em que,

K - Capital próprio, valor que deve ser desembolsado no momento N=0 proveniente de recursos próprios (R\$ correntes).

PF - Preço de face da colhedora à vista (R\$ correntes).

F - Valor de face do financiamento para aquisição da máquina (R\$ correntes).

Sobre o Financiamento:

$$PMT_N = \begin{cases} F * \frac{(1+j)^{m-1} * j}{1-(1+j)^{-(n-m+1)}}; se m < N \leq n \\ 0; se m \geq N ou N > n \end{cases} \quad (2)$$

$$J_N = SF_{N-1} * j \quad (3)$$

$$SF_N = \begin{cases} J_N + SF_{N-1} - PMT_N; se N > 0 \\ F; se N = 0 \end{cases} \quad (4)$$

em que,

N - período específico no horizonte de planejamento (ano).

n - prazo total do financiamento (anos).

m - período de carência do financiamento (anos) somado de um (carência+1).

j – taxa de juros (%)

PMT_N - Valor da prestação do financiamento devido no período N (R\$ correntes).

J_N - Valor dos juros do financiamento referente ao período N (R\$ correntes).

SF_N - Saldo final do financiamento no período N (R\$ correntes).

Sobre os custos de manutenção e reparação:

$$M_N = PF * \mu_N \quad (5)$$

em que,

μ_N - Coeficiente de custos de manutenção e reparação, ($0 \leq \mu_N$).

M_N - Custos com manutenção e reparação no período N (R\$ correntes).

Sobre os custos operacionais:

$$O_N = \begin{cases} (d_N * k_N + y_N) * T_N; se N > 0 \\ 0; se N = 0 \end{cases} \quad (6)$$

$$T_N = \left(\frac{D}{V_N} \right) * u^{-1} \quad (7)$$

$$D = \frac{A * 0,01}{l * 0,0003048} \quad (8)$$

$$V_N = \begin{cases} \frac{D}{t_N}; se \ t_N \leq \frac{D}{w(Z)} \\ w(Z); se \ t_N > \frac{D}{w(Z)} \end{cases} \quad (9)$$

em que,

O_N - Custos operacionais no período N (R\$ correntes).

d_N - Preço do litro de diesel no período N (R\$ correntes).

k_N - Consumo horário médio de diesel no período N (litros/hora).

y_N - Custos com o operador da colhedora por hora, salários + encargos trabalhistas (R\$ correntes/hora).

u - Coeficiente de eficiência de tempo da colhedora ($1 \geq u > 0$).

l - Largura da plataforma de corte da colhedora (em pés).

t_N - Tempo máximo disponível para colheita no período N (horas).

A - Área total percorrida na lavoura (em ha).

D - Deslocamento linear total dentro da lavoura (km).

V_N - Velocidade de deslocamento durante a operação de colheita no período N (km/hora).

T_N - Tempo total de uso da colhedora no período N (horas).

$w(Z)$ - velocidade de deslocamento compatível com um nível de perda mínimo ϕ (km/hora), dependente do conjunto de características Z .

Sobre o capital recuperável:

$$VR_N = VN_N(X) * a_N(N, X) \quad (10)$$

em que,

VR_N - Valor residual da colhedora quando vendida no período N (R\$ correntes).

VN_N - Valor de uma colhedora similar nova no período N (R\$ correntes).

a_N - Coeficiente de depreciação da colhedora no período N (R\$ correntes).

X - conjunto de características relevantes para diferenciar o preço das colhedoras.

Sobre o progresso tecnológico:

$$G_N = (RG_N - R_N) * (1 - r) \quad (11)$$

$$RG_N = RP_N * (1 - g_n) \quad (12)$$

$$R_N = RP_N * (1 - p_n) \quad (13)$$

$$RP_N = \frac{(A * Q_N * \rho_N)}{(1 - p_0)} \quad (14)$$

$$p_N = \varphi * \left(1 + \left(\frac{V_N - w(Z)}{w(Z)} \right) \right) \quad (15)$$

$$g_N = p_N * (1 - s)^N \quad (16)$$

em que,

G_N - Custos do progresso tecnológico consideradas as colhedoras futuras no período N (R\$ correntes).

R_N - Receita da colheita usando a colhedora atual no período N (R\$ correntes).

RG_N - Receita da colheita se fossem usadas as colhedoras futuras no período N (R\$ correntes).

RP_N - Receita potencial da lavoura com nível 0% de perdas no período N (R\$ correntes)

p_N - nível de perdas da colheita no período N(%).

g_N - nível de perdas da colheita das colhedoras futuras no período N(%).

ρ_N - preço do arroz no período N (R\$ correntes).

Q_N - Quantidade de arroz produzida por ha no período N.

r - Alíquota dos impostos sobre o lucro líquido.

φ - Nível de perdas da colheita em condições ideais (%).

s - taxa anual de redução de perda das colhedoras futuras ($1 > s \geq 0$).

Sobre os custos do dimensionamento da máquina:

$$C_N = RP_N * (p_n - \varphi) * (1 - r) \quad (17)$$

em que,

C_N - Custos do distanciamento entre as condições de uso reais e as ideais da colhedora no período N (R\$ correntes).

Sobre a tributação sobre o lucro líquido:

$$I_N = (DC_N + J_N + M_N + O_N) * r \quad (18)$$

$$B_N = \begin{cases} \left(VR_N - \left(PF * \left(1 - \frac{N}{vc} \right) \right) \right) * r; & \text{se } VR_N \geq PF * \left(1 - \frac{N}{vc} \right) \\ 0; & \text{se } VR_N \leq PF * \left(1 - \frac{N}{vc} \right) \end{cases} \quad (19)$$

$$DC_N = \begin{cases} \frac{PF}{vc}; & \text{se } 0 < N \leq vc \\ 0; & \text{se } N > vc \text{ ou } N = 0 \end{cases} \quad (20)$$

em que,

I_N - Redução de custos pela redução do lucro líquido (R\$ correntes)

DC_N - Depreciação contábil anual no período N (R\$ correntes).

B_N - Imposto incidente sobre os ganhos de capital (R\$ correntes)

vc - tempo de vida útil para fins contábeis (anos).

O custo anual uniforme equivalente:

A partir das relações que compõem os custos em cada período do horizonte de planejamento, a análise econômica é feita sobre o custo anual uniforme equivalente ($CAUE_N$) da soma de todos os custos e descontos em determinado período para cada uma das opções de máquinas.

Assim o cálculo dos custos relevantes incorridos pela aquisição da colhedora no período 0 e posterior alienação no período π é realizado com base na equação 21.

$$CAUE_\pi = (K + (\frac{SF_N + B_N - VR_N}{(1+tma)^N}) + \sum_{N=0}^{N=\pi} (\frac{PMT_N + M_N + O_N + G_N + C_N - I_N}{(1+tma)^N})) * \frac{(1+tma)^N * tma}{(1+tma)^N - 1} \quad (21)$$

em que,

$CAUE_\pi$ - Custo Anual Uniforme Equivalente da soma de todos os custos e descontos até o período π .

tma - Taxa mínima de atratividade do investimento (%).

3.2 Simulação dos custos de uma colhedora para arroz irrigado pelo programa mais alimentos no Rio Grande do Sul

O modelo de custos econômicos das colhedoras apresentado anteriormente necessita de um conjunto de informações sobre o ambiente que resultarão em valores para cada componente de custos. Com isso pode ser feita uma descrição de cada componente. Dado o cenário da colheita de arroz irrigado no Rio Grande do Sul, foram realizadas suposições sobre o comportamento e valores dos parâmetros de interesse com o objetivo de avaliar os custos das colhedoras financiáveis pelo Programa Mais Alimentos (MDA, 2014) no caso de aquisição no fim do ano de 2013 ($N=0$, ano de 2013). Nesta sub-seção denife-se o ambiente onde ocorre a escolha quanto à compra

de colhedoras pelos agricultores familiares do Rio Grande do Sul, nos termos do Mais Alimentos.

Parte dos custos da colhedora é consequência de sua característica de operar a algum nível positivo de perdas de grãos, o reconhecimento de tais custos são a base da problemática do dimensionamento, ver por exemplo Borges et al. (2006). As perdas se convertem em custos quando comparadas com situações ideais em que poderiam ser evitadas, o que geraria maiores receitas. Portanto, medir as receitas dos produtores é a base para se avaliar tais custos.

Um elemento importante é a área total de lavoura onde a colhedora operará (A), que é dependente da quantidade total de agricultores (Ag), da receita bruta máxima que o agricultor pode ter para se manter como público alvo do financiamento (Rb), da quantidade de arroz produzido por unidade de área no período 0 (Q_0) e do preço do arroz no período 0 (ρ_0), como na equação 22. Importante também é o valor máximo que cada produtor pode contratar em financiamentos (Fi).

$$A = \frac{Rb * Ag}{\rho_0 * Q_0} \quad (22)$$

em que,

A - Área total de lavoura onde a colhedora operará (há).

Ag - Quantidade total de agricultores que compartilharão a colhedora.

Rb - Receita bruta máxima que o agricultor pode ter para se manter como público alvo do financiamento (R\$ correntes).

Q_0 - Quantidade de arroz produzido por unidade de área no período 0 (saco de 50kg)

ρ_0 - Preço do arroz no período 0, (R\$ por saco de 50kg)

Ou seja, para uma receita de ($Rb * Ag$), a soma das áreas a serem cultivadas deve ser igual àquela receita dividida pela receita de cada unidade de área.

Para especificar a quantidade total de agricultores que irão adquirir a máquina coletivamente (Ag) foi utilizado o critério da soma dos limites de financiamento individual (Fi) ser maior que o preço da colhedora mais cara financiável pelo Mais alimentos (PFm), segundo a tabela 2. Assim, o grupo de agricultores teria todas as opções de máquinas disponíveis integralmente financiáveis, equação 23. As regras gerais de financiamentos do Mais alimentos estão disponíveis em BCB (2014).

$$PFm \leq Fi * Ag \quad (23)$$

Pelas configurações das máquinas na tabela 2 e pelas regras do financiamento expostas na tabela 3, tem-se que $Ag \geq 3$ satisfaz a equação 23. Portanto, considera-se $Ag=3$ para a presente aplicação, já que compartilhar a colhedora com mais produtores do que o necessário poderia dificultar o gerenciamento da mesma. Observa-se que este número de agricultores é compatível com o que os produtores relataram como aceitável em visitas a algumas propriedades.

Tabela 2 - Características das colhedoras financiáveis pelo Mais Alimentos no Rio Grande do Sul, Safra 2013/2014

Classe	Características	Preço
III	Colheitadeira, sem cabine, com plataforma de corte para arroz/soja/feijão, motor de 150 cv, tanque de 180mbustível de 200 litros, transmissão mecânica com 3 machas a frente e uma a ré, 4 saca palhas, 180mb total de serparação de 3,7 m2, tanque graneleiro com capacidade de 3800 litros, sem separador. Rodado dianteiro: 23,1x26R1 12 lonas rodado trazeiro: 10,5/80-18RA45 10 lonas, Largura de corte: 14 pés (4,2 metros)	210.600,00
III	Colheitadeira, com cabine, com plataforma de corte para arroz/soja/feijão, motor de 150 cv, tanque de 180mbustível de 200 litros, transmissão mecânica com 3 machas a frente e uma a ré, 4 saca palhas, 180mb total de serparação de 3,7 m2, tanque graneleiro com capacidade de 3800 litros, sem separador. Rodado dianteiro: 23,1x26R1 12 lonas rodado trazeiro: 10,5/80-18RA45 10 lonas, Largura de corte: 14 pés (4,2 metros)	233.280,00
IV	Colheitadeira, cabinada, com plataforma de corte para arroz ou grão com largura de 16 a 20 pés (4,8 a 6 metros), motor de 175 cv, tanque de 180mbustível de até 300 litros, transmissão hidrostática, 5 saca palhas, cilindro de 1270mm, sem reversor, com 3,5 m2 de área de peneiras do tipo fixa, tanque graneleiro com capacidade de 4800 litros, sem separador. Rodado dianteiro: 28,1x26R1/23,1x26R2 e rodado traseiro: 12,4x24RR2 / 12.5-18R1	322.596,00
IV	Colheitadeira, sem cabine, com plataforma de corte para arroz ou grão com largura de 16 a 20 pés (4,8 a 6 metros), motor de 175 cv, tanque de 180mbustível de até 300 litros, transmissão mecânica, 5 saca palhas, cilindro de 1270mm, sem reversor, com 3,5 m2 de área de peneiras do tipo fixa, tanque graneleiro com capacidade de 4800 litros, sem separador. Rodado dianteiro: 23,1x30R1/23,1x26R2 e rodado traseiro: 12,4x24R2 / 12.4-18R1	278.100,00
IV	Colheitadeira, cabinada, com plataforma de corte para arroz ou grão com largura de 16 a 20 pés (4,8 a 6 metros), motor de 175 cv, tanque de 180mbustível de até 300 litros, transmissão mecânica, 5 saca palhas, cilindro de 1270mm, sem reversor, com 3,5 m2 de área de peneiras do tipo fixa, tanque graneleiro com capacidade de 4800 litros, sem separador. Rodado dianteiro: 28,1x26R1/23,1x26R2 e rodado traseiro: 12,4x24R2 / 12.5-18R1	300.348,00

Fonte: Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) (2014).

Ainda sobre a tabela 2, destaca-se que tanto os valores quanto as configurações das máquinas são as definidas pelos termos do Mais alimentos. São, portanto, opções de máquinas que podem não estar disponíveis no mercado. A oferta das máquinas

especificadas depende, em parte, da adequabilidade dos termos do programa de crédito às condições do mercado.

Tabela 3 - Especificação do ambiente de escolha de colhedoras, alguns parâmetros

Parâmetro	Valor/ lei de movimento	Fonte
N=0	Ano de 2013	Suposição
PFm	RS 322.596	MDA (2014)
Fi	R\$ 150.000	MDA (2014)
Rb	R\$ 360.000 a.a	MDA (2014)
p_0	R\$ 32,9 pelo saco de 50 kg	IRGA (2013)
Q_0	150,7 sacos de 50kg por ha	IRGA (2013)
Ag	3	Solução eq. 23
A	217,83 ha	Solução eq. 22
Pr	0,01	Suposição
p_0	6%	Suposição
S	5% a.a	Suposição
Φ	3,5%	Suposição
t_N	300 horas	Suposição
U	0,6	Suposição
k_0	12,88 litros/hora	Coletado
d_N	R\$ 2,46 por litro	Coletado
$w(cv=150)$	2 km/h	Suposição
L	Em pés	Depende da colhedora
Cv	Em cv	Depende da colhedora
PF	Em R\$ corrente	Depende da colhedora
t_N	300 horas	Suposição
R	24%	Alíquotas médias coletadas
PIB_N	3%	Suposição
$IPCA_N$	4,5%.	Suposição
M	3+1	MDA (2014)
N	10 anos	MDA (2014)
J	2 % a.a.	MDA (2014)
Im	4,5% a.a	Suposição
Tma	10% a.a.	Suposição

Elaborado pelo(s) autor(es).

Sobre a cultura do arroz espera-se que os dois componentes das receitas não sejam constantes no decorrer dos anos. Assim, por suposição considera-se que a quantidade produzida por ha (Q_N) cresça a uma taxa anual constante ($pr=1\%$), equação 24. Já o preço do arroz em casca do Rio Grande do Sul pode apresentar comportamento cíclico. Baseado em estudo da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB ,2012) foi possível estimar a equação 25 que simula tal comportamento em um ciclo de nove anos. Q_0 e p_0 foram baseados nas projeções do Instituto Riograndense do Arroz para a safra 2013-2014 (IRGA ,2013).

$$Q_N = Q_0 * (1 + pr)^N \quad (24)$$

$$\rho_N = \begin{cases} \rho_0 + (0,1315 * N^4) - (2,247 * N^3) + (12,236 * N^2) - (21,725 * N); & \text{se } 0 \leq N < 9 \\ \rho_{N-9}; & \text{se } N \geq 9 \end{cases} \quad (25)$$

Dadas as equações 24 e 25, para se calcular a receita potencial em qualquer período N (RP_N) a partir da equação 14 deve ser estimado o nível de perdas corrente da produção no período 0 (p_0). Como a quantidade colhida Q_0 é resultado de uma operação onde ocorreram perdas na colheita, estimar o nível de perdas p_0 permite que se encontre a receita potencial (RP_0) do tamanho de lavoura correspondente a A. Por suposição considera-se na presente simulação $p_0=6\%$, que se encontra em um nível intermediário entre as perdas mínimas de uma operação de colheita ideal e as perdas hipotéticas de uma colheita terceirizada, estes valores serão detalhados adiante.

A receita potencial (RP_N) compõe outras duas definições de receitas, a receita obtida pela colheita utilizando a colhedora objeto de análise em cada período N (R_N), ou seja a receita que se espera obter caso se utilize a máquina analisada. E a receita que se obteria caso fosse utilizada uma máquina mais avançada, tecnologicamente superior, mas que só estará disponível no futuro (RG_N). A existência de tal progresso é o que dá significado aos custos da equação 11.

O que distingue R_N de RG_N são os níveis de perdas p_N e g_N , respectivamente. Ou seja, as economias geradas pelo progresso tecnológico nas máquinas mais modernas são, por suposição, as suas capacidades de gerar menores níveis de perdas na produção mantendo-se os demais aspectos operacionais constantes.

Os modelos que incorporam tais tipos de custos devidos ao progresso tecnológico normalmente consideram que tal progresso torna as máquinas cada vez mais econômicas em seus custos operacionais (GRANT et al., 1982), como os da equação 6. Neste sentido foi analisado o comportamento de duas dimensões operacionais: consumo de combustível (K_N) e horas trabalhadas por hectare (T_N/A), em uma amostra de 13 colhedoras em operação em lavouras de arroz irrigado do Rio Grande do Sul. Essa amostra é composta por colhedoras de doze a trinta e seis anos, ou seja, são 14 anos de progresso tecnológico, Tabela 4.

Tabela 4 - Amostra de colhedoras em operação nas lavouras de arroz irrigado na agricultura familiar do Rio Grande do Sul em 2014

Colhedora	Idade (anos)	Área (ha)	colhida	Relação h/ha	Consumo combust. (l/h)
MF 5650	12	160,5		2,49	10,00
NH TC57	13	250		0,80	12,50
JD 1165	15	220		2,50	14,99
NH 8040	20	110		2,00	16,00
MF 3640	22	250		1,10	12,00
NH 8040	22	200		1,00	20,00
IDEAL 1175 DS	24	370		2,11	10,00
MF 3640	26	50		1,30	13,00
NH 4040	28	60		5,00	10,00
MF 5650	28	250		1,00	12,00
NH 4040	30	54		2,22	12,99
SLC 6200	30	100		1,50	14,00
SM 1200	36	250		1,20	10,00

Elaborado pelo(s) autor(es) com base em consultas a agricultores do Rio Grande do Sul em 2013/2014.

Na amostra não se observa comportamento que aponte diminuição do uso nem de combustível nem de trabalho, já que não há redução evidente da quantidade de horas de uso por ha. Assim, k_N e T_N não parecem ser influenciados diretamente pelo progresso tecnológico.

Cabe ressaltar que essa amostra é muito pequena e que é composta exclusivamente por máquinas velhas, além das informações serem as reportadas pelos agricultores, o que pode distanciar estes valores dos reais. Uma quantidade maior de informações, coletando-se dados de colhedoras mais novas, com uma sistemática mais rigorosa proveria uma maior capacidade de controlar efeitos e verificar as evoluções líquidas do consumo de combustível e das horas trabalhadas em máquinas de diferentes gerações.

Por outro lado, as colhedoras têm sido equipadas cada vez mais com componentes que favorecem uma operação com níveis de perdas reduzidos. O sistema de trilha longitudinal, que tende a reduzir a perda qualitativa dos grãos; a plataforma *drapper*, que reduz as perdas no mecanismo de alimentação; e a combinação de itens de monitoramento e ajustes rápidos dos mecanismos têm feito os níveis de perdas se

reduzirem nos últimos anos. Estimativas há de que nos últimos vinte anos os níveis usuais de perdas foram reduzidos de 6% para níveis menores que 1%. Considerando-se que muitas destas tecnologias ainda não estão disponíveis em máquinas pequenas, e que estas são o foco do programa Mais Alimentos, considerou-se então que neste segmento há espaço para que tal evolução aconteça em uma dinâmica semelhante.

Como especificado na equação 16, o nível de perdas (g_N) se reduz a uma taxa anual s . Para efeitos de simulação da evolução do nível de perdas de 6% para 1%, utiliza-se $s=5\%$ a.a. Assim, o outro componente para definição do nível de perdas com progresso tecnológico é p_N definido na equação 15, e importante por si só.

A definição de p_N na equação 15 envolve uma sequência de hipóteses técnicas. A sua regra de movimento supõe a existência de um nível de perdas mínimo alcançável em um ambiente de operação com poucas restrições (ϕ) multiplicado por um termo que repercute as restrições do ambiente onde a máquina irá operar.

O nível de perdas (ϕ) e a velocidade ($w(Z)$) são referentes a uma condição ideal de operação. Para a presente simulação considera-se $\phi=3,5\%$. Este nível é compatível com a velocidade de operação ideal ($w(Z)$) mínima de 2 km/h. Esse par de valores não destoa severamente de diversos estudos sobre desempenho de colhedoras de arroz, como Araldi et al. (2013), Veerangouda et al. (2010), Kalsirisilp; Singh (2001) e El-sharabasy (2007)

Então a velocidade de operação da máquina adequada às condições do ambiente (V_N) será a fonte de variabilidade dos níveis de perdas p_N . V_N é definido na equação 9 como função do deslocamento necessário da colhedora na lavoura (D) e do tempo disponível para a colheita no período N (t_N). As duas variáveis têm fontes exógenas. D é função da largura da plataforma da colhedora (l), equação 8, objeto da análise. E t_N é um componente exógeno que depende do clima e do desenvolvimento das plantas. Para ilustrar t_N cita-se o trabalho de Smiderle; Dias (2008) que apontou que o intervalo adequado para a colheita da cultivar em análise era de 29 a 43 *days after flowering* (DAF). Ou seja, o ideal seria que a colheita ocorresse entre esses 14 dias.

A importância de especificar t_N , uma janela restrita de tempo para a operação de colheita, se baseia nas características climáticas do Rio Grande do Sul que são contrastantes com as necessidades de adequados níveis de umidade dos grãos para viabilizar a colheita do arroz com baixo nível de perdas. A atribuição de níveis

adequados de umidade e suas implicações quanto aos custos da produção do arroz são conhecidas. Dos fatores críticos para o alcance de tais níveis citam-se o orvalho formado no período noturno e as chuvas. Estudos como os de Thompson; Mutters (2006), Chimchana et al. (2008) e Lu et al. (1995) apontam a relação de níveis inadequados de umidade com aumentos das perdas qualitativas, dificuldades na operação de debulha e aumento dos custos na etapa de secagem.

A colheita do arroz no Rio Grande do Sul ocorre em fevereiro e março. De consultas a agentes que trabalham com colheita mecanizada no estado foi identificado um teto de 300 horas de colheita por safra. Baseado nisto, a presente simulação utiliza $t_N=300$ horas por safra.

Dadas as relações do clima com os níveis de perdas qualitativas do arroz, observa-se que o elemento de flexibilidade que permite uma operação de colheita satisfatória é dado pela operação das colhedoras. Em geral, quanto mais severas as condições climáticas, a janela de tempo disponível para o uso da máquina é menor. Assim, colher a lavoura pode envolver aumentos de velocidade de deslocamento da colhedora.

O valor de t_N , portanto, define a velocidade de operação V_N , e o distanciamento desta em relação a $w(Z)$ se refletirá em aumento do nível de perdas. A definição de $w(Z)$ é derivada da hipótese técnica de que existem colhedoras mais versáteis que outras e que tal versatilidade pode se refletir na capacidade de operar a um nível mínimo de perdas a velocidades maiores, resultando em maior capacidade operacional.

Como constatado por Andrews et al. (1993) aumentar a quantidade de material a ser processado por período de tempo tende a elevar o nível de perdas da colheita. Portanto, para a colhedora, a quantidade de material a ser processado em determinado tempo é diretamente relacionado à velocidade de deslocamento da máquina. Assim, aumentar tal velocidade adequando-se à disponibilidade de tempo com boas condições da lavoura (t_N) pode gerar aumento do nível de perdas. Portanto, máquinas que não podem colher a uma velocidade alta a um mínimo nível de perdas podem ser penalizadas por restrições de tempo.

Em Nik Ebrahimi et al. (2009) esta problemática é explorada para máquinas de baixa capacidade de processamento. Quando máquinas pequenas têm áreas muito grandes para serem colhidas em um tempo determinado, deve ser traçada uma

estratégia para minimizar a quantidade de perdas decorrentes da inadequada capacidade de processamento.

A capacidade de processamento das colhedoras é, portanto, um elemento que pode gerar custos econômicos quando esta não está bem dimensionada às necessidades da operação. Estes custos são modelados no presente trabalho pela equação 17.

O conjunto Z inclui as características das colhedoras que servem de indicativos para as suas capacidades operacionais. A plataforma da colhedora, embora seja um indicador de tamanho e capacidade operacional, pode ser trocada por outras de diferentes tamanhos. Então para aumentar a capacidade operacional, bastaria que se acoplassem uma plataforma maior. Mantendo as demais configurações do conjunto Z constantes, o modelo não geraria penalidades quanto ao aumento do nível de perdas, o que é tecnicamente incoerente. Portanto, a largura da plataforma não deve pertencer a tal conjunto ($l \notin Z$).

Uma característica importante relacionada à capacidade operacional da máquina é a potência do motor. Esta é a característica que define a classe das colhedoras no Brasil. O conjunto de características Z foi, portanto, reduzido à potência do motor. Observa-se que não se pretende negar com essa simplificação a importância das demais características tais quais as áreas de trilha, separação e limpeza, regulagens, capacidade de armazenamento, etc. Assim $w(Z)$ definido na equação 26 está normalizado para a potência das colhedoras classe III (150 cv), financiáveis pelo Mais Alimentos, sendo que se definiu para estas colhedoras uma velocidade de operação ideal de 2 km/h, baseada na velocidade compatíveis com o nível de perdas de $\phi=3,5\%$ coerentes com Araldi et al. (2013), Veerangouda et al. (2010), Kalsirisilp; Singh (2001) e El-sharabasy (2007) anteriormente.

$$w(Z) = 2 * \left(1 + \frac{cv-150}{150}\right) \quad (26)$$

em que,

cv - potência do motor da colhedora (em cv).

Assim, o que a equação 15 descreve é que quando as condições da lavoura reduzem a quantidade de tempo disponível para a operação de colheita, se este tempo for menor do que o necessário para que a colhedora percorra toda a lavoura mantendo o seu par de perdas ϕ e velocidade $w(Z)$, a operação terá que ser feita a uma

velocidade $V_N > w(Z)$ e este aumento de velocidade irá conduzir a um nível de perdas maior que ϕ , mas este efeito pode ser diferente de acordo com a capacidade operacional (Z) da colhedora. Portanto, o nível de perdas é composto por termos exógenos referentes às características das colhedoras (l e cv) e às restrições de tempo da operação (t_N).

Derivados da expressão completa de p_N da equação 15, tem-se também g_N , R_N e RG_N solucionados. Considerando a alíquota de impostos incidentes sobre o lucro líquido (r) igual à soma da alíquota do imposto de renda: pessoa jurídica (IRPJ=15%) e da contribuição social sobre o lucro líquido (CSLL=9%), a equação 11 tem sua expressão completa.

Outros custos que estão completamente definidos são os custos do aumento das perdas decorrentes da adequação das condições de operação da máquina (C_N), equação 17.

Sobre a velocidade de operação da máquina V_N , ela não é apenas um fator que compõe as receitas e consequentes custos relacionados às perdas. Como o tempo de uso da colhedora (T_N) está relacionado àquela velocidade, os custos operacionais (O_N), equação 6, são também definidos a partir daqueles valores.

Para completar a expressão de T_N , equação 6, deve-se definir o valor de u , que é um coeficiente de conversão do tempo nas operações de colheita em tempo de uso total da colhedora (eficiência de tempo), entre zero e um. Por hipótese, define-se $u=0,6$ para ambas as colhedoras, por simplificação, embora este possa ser diferente para colhedoras distintas. Ou seja, o tempo de operação de colheita corresponde a 60% do tempo total de uso da máquina. Valores semelhantes são encontrados em Araldi et al. (2013), Veerangouda et al. (2010), Kalsirisilp; Singh (2001) e El-sharabasy (2007).

Para os demais componentes dos custos operacionais (O_N) foram considerados os custos médios horários com operador (y_N) dados pela equação 27, que se baseia na lógica de ajuste do salário mínimo no Brasil, com $PIB_N=3\%$ e $IPCA_N=4,5\%$ para todo N . E o preço do litro de diesel d_N ajustado pelo processo inflacionário do IPCA, equação 28, sendo $d_0= R\$ 2,46$, preço coletado do diesel no Rio Grande do Sul em dezembro de 2013. Assim os custos operacionais podem ser completamente definidos.

$$y_N = \begin{cases} 12 * \prod_1^N (1 + PIB_{N-1} + IPCA_{N-1}); & \text{se } N > 0 \\ 12; & \text{se } N = 0 \end{cases} \quad (27)$$

$$d_N = \begin{cases} 2,46 * \prod_1^N (1 + IPCA_{N-1}); & \text{se } N > 0 \\ 2,46; & \text{se } N = 0 \end{cases} \quad (28)$$

em que,

PIB_{N-1} - Crescimento do PIB do Brasil, estimado, no período N-1 (%).

$IPCA_{N-1}$ - Inflação medida pelo IPCA, estimada, no período N-1 (%).

Para definir os fluxos financeiros do financiamento considera-se uma operação de crédito no valor de F, com carência de três períodos ($m=3+1$) e prazo de 10 anos ($n=10$), ou seja, a operação é liquidada, em sete prestações iguais (PMT_N) sendo a primeira vencendo a partir do quarto ano. Supõe-se que as prestações são uniformes, em consonância com o maior uso deste sistema de amortização entre as instituições financeiras do Brasil. A taxa de juros efetiva da operação é de $j=2\%$ a.a., assim fica simulado um financiamento pelo programa Mais Alimentos (ver MDA, 2014).

Dados aqueles parâmetros, as expressões das prestações (PMT_N), dos juros (J_N) e do saldo final no período N (SF_N), equações 2, 3 e 4, respectivamente, estão completamente definidas.

A expressão do saldo final (SF_N) integra diretamente os custos da colhedora apenas no momento de sua alienação. Na equação 21 observa-se que existem três fluxos financeiros que ocorrem exclusivamente neste momento.

Primeiramente, esse saldo final da operação que, por suposição, deve ser imediatamente quitado em decorrência da alienação do bem.

Da alienação se recebe o valor residual da colhedora, o preço pelo qual se conseguiria vender a máquina naquele período (VR_N). A diferença entre esse valor residual e o valor da máquina no inventário pode gerar receita ou despesa de capital, e para tais existe um impacto quanto aos impostos sobre os lucros devidos. Portanto, modelando-se a depreciação contábil e o valor residual das máquinas, completa-se as expressões dos fluxos resultantes da alienação.

A equação 20 define uma depreciação contábil linear. O único parâmetro que precisa ser definido é a quantidade de anos pelo qual a colhedora será depreciada (vc). Por suposição, fica estabelecido que o ativo possa ser depreciado em até quatro anos, portanto $vc=4$.

Já para definir o valor de mercado da colhedora quando alienada foram definidas algumas hipóteses sobre como se formam os preços no mercado de colhedoras usadas, utilizando-se a teoria de preços hedônicos, em que são previstos os preços das

mercadorias baseados nas suas características. Aplicações de preços hedônicos para máquinas agrícolas são usuais, como recentemente em Manuelli; Seshadri (2014). Da equação 10 observa-se que são dois os fatores considerados importantes para a definição de preço das máquinas usadas (VR_N).

Por hipótese, considera-se que os preços das colhedoras usadas são definidos com base nos preços das colhedoras que são novas no período da alienação. A comparação de preços entre colhedoras de diferentes idades é feita, portanto, com base nas similaridades (X). Ou seja, o valor pago pela colhedora quando ela era nova não é base adequada de previsão do valor de mercado da máquina usada, diferindo das definições usuais dos lançamentos de depreciação contábil.

A hipótese anterior tem suporte em um levantamento de dados feito entre revendas de colhedoras em diversas cidades do sul do estado de onde se obteve uma amostra com mais de cem unidades de colhedoras com informações de seus preços atuais e algumas características. Com tais dados foi feita uma análise de correlações parciais estimadas pelo método de mínimos quadrados ordinários os quais os resultados são apresentados na tabela 5.

Tabela 5 - Modelo de precificação de colhedoras, variável dependente: Preço (PC_N)

Variável	Coefficiente	desvio padrão	p-valor
ln(idade)	111049,6	69369,7	0,11
Potência (cv)	668,2	206,8	0,00
Plataforma (l)	41594,8	12936,5	0,00
ln(idade)*plataforma	-12508,8	4405,4	0,01
Constante	-334305,4	213392,0	0,12

Nº de observações=93 ; F= 116,46 ; $R^2= 0,8881$

Nota: $\ln(\text{idade}) = \ln(2015 - \text{Ano de fabricação}) = \ln(N+2)$

Elaborado pelo(s) autor(es).

O que o modelo estimado sugere é que em uma amostra de máquinas de diferentes idades coletadas na mesma época pode-se estimar com um bom ajuste ($R^2 \approx 0,89$) o preço de qualquer máquina, dadas sua idade (N), potência do motor (cv) e tamanho da plataforma (l). Inclusive prevendo bem os valores das máquinas novas. Assim, o valor original de cada colhedora quando nova não desempenha papel relevante quando se coletam os preços das máquinas em um período específico.

Dada a plausibilidade da hipótese, considera-se VN_N como dado na equação 29, em que $VN_0=PF$, e a partir de então seguem um processo inflacionário, com taxa $im=4,5\%$ a.a.

$$VN_N = PF * (1 + 0,045)^N \quad (29)$$

Para completar a especificação de VR_N , equação 10, resta definir o termo $\alpha_N(N,X)$. tal termo deve trazer consigo as características de uma curva de depreciação. Este deve informar quanto o valor de uma colhedora usada de N anos com as características X valeria em termos de uma similar nova. Portanto, $\alpha_N(N,X)$ define-se pela equação 30.

$$\alpha_N(N, X) = 1 - \frac{(PC_2(X) - PC_{N+2}(X))}{PC_2(X)} \quad (30)$$

$$PC_{N+2}(X) = -334305,4 + (111049,6 * \ln(N + 2)) + (668,2 * cv) + (41594,8 * l) - (12508,8 * \ln(N + 2) * l) \quad (31)$$

em que,

$\alpha_N(N,X)$ - coeficiente de depreciação de uma colhedora de N anos com as características X .

PC_{N+2} - Preço estimado da colhedora de N anos e características X para as condições de mercado de 2013/2014, baseado na tabela 5.

Para a estimação dos preços PC_{N+2} foi utilizado o modelo da tabela 5, traduzido na equação 31, dado que o ajuste aos dados e o poder de previsão deste foram satisfatórios. Por exemplo, foi possível prever os valores médios de PF das colhedoras classes III e IV financiáveis pelo Mais Alimentos com um erro menor que 5% do valor destas. Da equação 31, evidencia-se que as características mais importantes para diferenciar as máquinas quanto ao preço são aquelas que dão dimensão da capacidade operacional. Assim o conjunto X é composto pela potência do motor (cv) e pela largura da plataforma (l). Destaca-se que foram testadas outras características como quantidade de saca-palhas, sistema de trilha, cabine etc. Entretanto a especificação com os melhores resultados quanto a capacidade de previsão, ajustamento e coerência com os sinais esperados foi o apresentado na tabela 5.

Com a equação 30 e 31 definidas, portanto, tem-se a solução para o valor de VR_N , equação 10, e conseqüentemente B_N , equação 19.

Para que todos os elementos de custos estejam completamente especificados basta, então, encontrar uma expressão para os custos com manutenções e reparações

M_N , equação 5. Tais custos serão considerados no presente trabalho como sendo aqueles provenientes de eventos esporádicos de quebras ou mal-funcionamento da colhedora.

Como se trata de um elemento de baixa previsibilidade, que é intimamente relacionado ao desgaste de peças e ao uso inadequado, recorreu-se à literatura para usar uma fórmula genérica baseada nas informações da American Society of Agricultural Engineers (ASAE). Modelou-se, portanto, os custos com manutenção e reparação como sendo uma fração crescente do preço pelo qual a colhedora foi comprada. Assim estima-se μ_N pela equação 32.

$$\mu_N = 0,0002 * N^2 + 0,0058 * \quad (32)$$

A partir desta última equação, os custos com manutenção da equação 5 estão definidos, o que leva a definição dos custos da equação 18 também. Assim, todos os elementos de custos estão completamente definidos, podendo ser objeto de análise pelo custo anual uniforme equivalente da equação 21. A taxa mínima de atratividade considerada será a $tma=10\%$ a.a.

O modelo diferencia as colhedoras quanto as suas características de preço, tamanho da plataforma e potência. A tabela 2, por outro lado, apresenta uma série de características adicionais. Em geral, pelas características pode-se agrupar duas categorias de colhedoras, aquelas da classe III e as da classe IV, já que elas não se diferenciam entre si quanto à potências e tamanhos de plataformas. Por outro lado, os elementos que as diferenciam individualmente, causando a variabilidade de preços, são elementos não considerados no modelo (cabine, transmissão e rodas). Portanto, para uma análise de custos compara-se apenas a colhedora de menor preço de cada categoria. Assim, a colhedora da categoria III analisada possui como características relevantes o $PF= R\$210.600$, $cv=150$ e $l=14$. Para a colhedora da categoria IV esses valores são $PF= R\$278.100$, $cv=175$ e $l=18$, sendo o último o valor médio entre 16 e 20.

4 Resultados

4.1 Custos e vida econômica

Da simulação feita a partir do modelo de custos apresentado na secção anterior com os valores e configurações das colhedoras de categorias III e IV financiáveis pelo Mais Alimentos tem-se um indicativo do impacto de cada opção de colhedora nos custos dos grupos de agricultores alvos do programa.

Para efeito de escolha baseado no menor CAUE, pela figura 1, aponta-se o período de cinco anos como a vida econômica da colhedora de classe IV, a duração do investimento onde se atinge o menor CAUE. Já a colhedora da categoria III tem o seu CAUE mínimo entre as idades de dois e três anos.

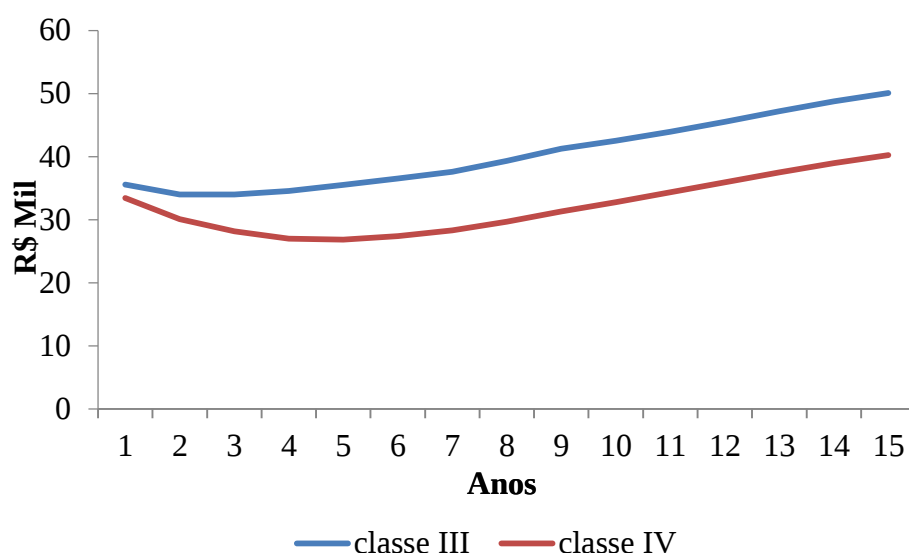


FIGURA 1. Gráfico dos CAUE's das colhedoras por idade do investimento.

Nota-se que a vida econômica de cinco anos para colhedora da categoria IV corrobora os resultados de Weersink; Stauber (1988) os quais apontam uma idade ótima de substituição não menor que cinco anos, e que pode ser estendida a sete sob diferentes sistemas de depreciação. Já Audsley; Wheeler (1978) não considerando as restrições de operação da máquina, chega à conclusão contrária em que não é econômico substituir colhedoras antes do décimo ano.

Como as condições de mercado da presente análise são temporalmente específicas, a vida econômica encontrada não deve ser interpretada como a idade ótima de substituição, uma vez que não há garantias de que o investimento pode ocorrer nas mesmas condições em um momento futuro (GRANT et al., 1982). A comparação direta entre as duas opções de colhedoras também precisa ser relativizada, uma vez que as

vidas econômicas de ambas são distintas. Sem a presença da hipótese de que pode-se repetir o investimento nas mesmas condições futuramente, não existe um horizonte de planejamento comum em que ambas as opções sejam avaliadas em seus CAUE's mínimos.

Por outro lado, o fato de o CAUE da máquina da categoria IV ser sempre inferior ao da máquina de categoria III quando avaliados na mesma idade, aponta uma vantagem de custos relevante para a primeira. Assim, pelo critério de custos, a colhedora da categoria IV seria a preferida para compor o ativo dos grupos de agricultores considerados.

4.2 A importância do nível de perdas

Os custos da colhedora da classe IV sendo menores que os custos da máquina da classe III é um resultado influenciado pela incorporação das perdas potenciais como custos para o agricultor. Neste contexto a restrição de tempo para a colheita atua de forma determinante.

Em uma simulação baseada no modelo de custos apresentado ignorando os custos associados às perdas (equação 11 do progresso tecnológico, e equação 17 do dimensionamento) o investimento na colhedora da categoria III revela-se de menor custo que a da categoria IV, invertendo o resultado anterior, figura 2.

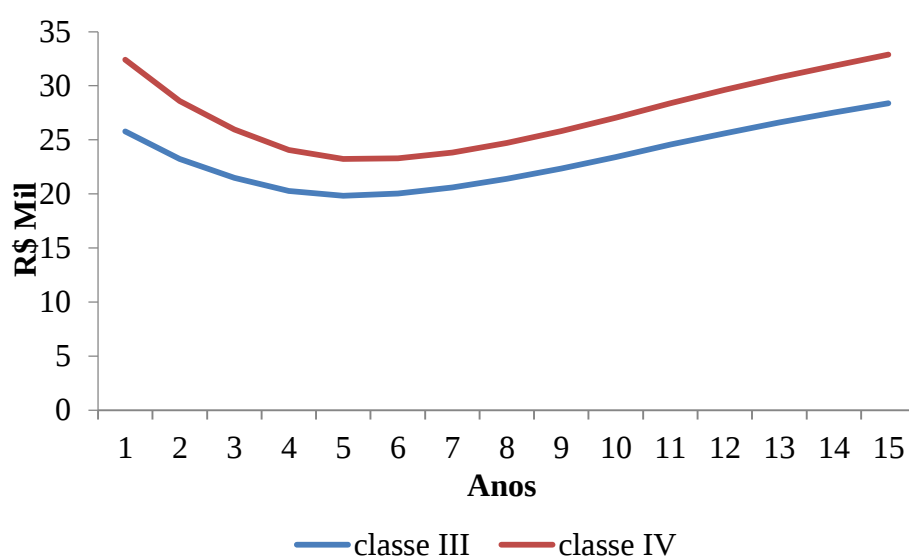


FIGURA 2. Gráfico dos CAUE's das colhedoras por idade do investimento, ignorando as perdas como custo.

Nesta simulação, o fato de a colhedora de categoria IV oferecer maior capacidade operacional só se converte em vantagem de custos via equação 6, uma vez que o seu tempo total de operação seria de 284 horas, enquanto a colhedora da categoria III operaria na fronteira da restrição de tempo de 300 horas.

Reduzindo a vantagem operacional desta forma não seria suficiente para justificar o investimento. Isto apenas levaria a uma falsa conclusão de que o benefício de uma maior capacidade operacional é menor que a diferença de preços entre as máquinas.

Retornando às hipóteses feitas sobre os coeficientes técnicos, tem-se que o nível mínimo de perdas de 3,5%, é alcançado a uma velocidade de deslocamento de 2 km/h pela colhedora de classe III e 2,3 km/h pela de classe IV. Dadas essas velocidades de deslocamento, os tamanhos das plataformas e a eficiência de tempo consideradas na simulação conclui-se que a colhedora III precisa de 426 horas de uso na época de colheita, já a da categoria IV precisa de 284 horas.

Ou seja, considerando-se uma situação onde ambas as colhedoras teriam tempo o suficiente para colher ao seu nível mínimo de perdas, a colhedora da categoria III usaria 142 horas a mais em operação, o que no presente modelo significaria uma diferença substancial nos custos operacionais. A figura 3 apresenta os custos anuais simulando-se uma restrição de tempo de 426 horas para a colheita, neutralizando os custos referentes às perdas.

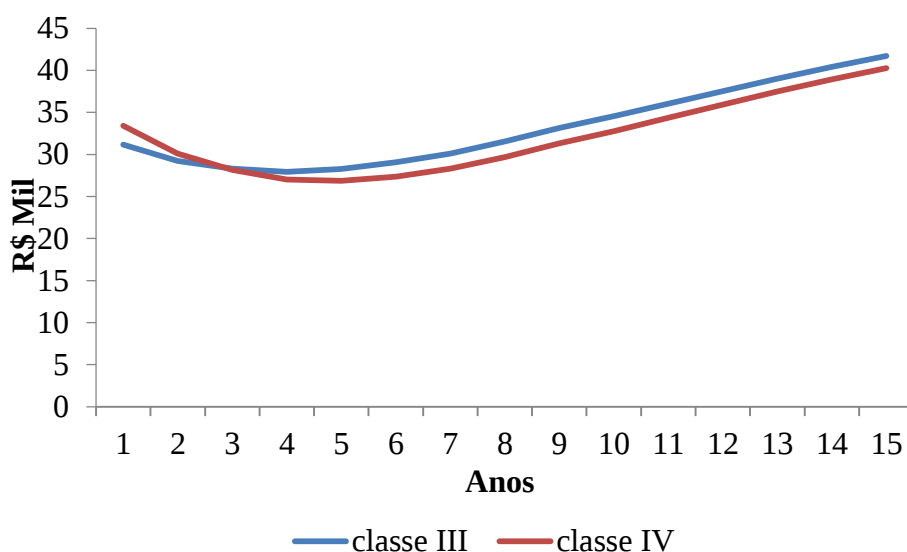


FIGURA 3. Gráfico dos CAUE's das colhedoras por idade do investimento, restrição de $t_N=426$ horas.

Como observa-se da figura 3, as características que diferenciam as colhedoras das classes III e IV nos termos do programa de financiamento produzem custos não muito distintos. Entretanto a economia conseguida por uma maior capacidade operacional tende a superar a diferença entre os preços das colhedoras.

O procedimento de ignorar as perdas na figura 2 é apenas um exercício de imaginação. Por outro lado, a simulação feita na figura 3 é uma forma menos imprecisa de neutralizar o papel das perdas quanto aos custos dos agricultores. Entretanto, sabe-se que a restrição de 426 horas de trabalho no período da colheita é uma hipótese muito distante da realidade da colheita do arroz irrigado no Rio Grande do Sul. Sendo assim, a comparação mais verossímil na vantagem de custos da colhedora de categoria IV sobre a de categoria III é dada pela figura 1.

4.3 Como colher: colhedora própria ou terceirização?

Uma vez estabelecido que as colhedoras da categoria IV são melhores opções de compra do que as da categoria III, baseado apenas nos seus custos, vale investigar se é econômico mudar o sistema de colheita. Adquirir uma colhedora nova pelo Mais alimentos surge como uma alternativa não apenas para aqueles produtores que possuem colhedoras velhas, mas também àqueles que dependem da contratação de serviços de colheita terceirizados.

Em visitas a produtores de arroz no estado são comuns queixas quanto aos serviços prestados por colhedoras terceirizadas. Entre os fatores negativos apontam-se desde o grande nível de perdas na colheita decorrente de pressa dos contratados, até lavouras não colhidas por falta de colhedoras disponíveis no período ideal. Por outro lado, colhedoras novas ainda são consideradas muito caras por pequenos proprietários.

O programa de financiamento aparece como uma oportunidade de substituição da colheita terceirizada por uma operação de colhedora própria. Assim, devem-se conhecer quais os custos de cada uma destas opções para um produtor individualmente. Como visto anteriormente, a colhedora da categoria IV é preferível a de categoria III, assim deve-se especificar o valor do custo desta opção e compará-la a da terceirização.

O problema da colheita terceirizada pode ser descrito pelo modelo de custos desenvolvido anteriormente com pequenas alterações. A partir dele pode-se modelar o comportamento do fornecedor do serviço e com isso têm-se as condições das operações que se traduzirão em custos para o agricultor. Análise similar pode ser encontrada em recente estudo de Houssou et al. (2013), para serviços terceirizados de tratores.

Quem compra uma colhedora com fins de ofertar serviços de colheita tem neste ativo um item gerador de fluxos de caixa tanto negativos (custos) quanto positivos (receita), diferenciando-se do agricultor, o qual não pode atribuir a receita gerada pela operação de colheita individualmente à colhedora.

A receita do ofertante de serviços de colheita no estado é baseada em uma porcentagem (b) da quantidade de grãos colhida (R_N), equação 33. Tal percentual gira em torno de 10%. Sendo assim é de interesse do ofertante que se colha uma grande quantidade, pois suas receitas são proporcionais. Por outro lado os custos do proprietário de uma colhedora para tais fins são praticamente os mesmos dos agricultores que possuem colhedoras, havendo apenas pequenas modificações na maneira como as perdas se convertem em custos.

A primeira modificação deve ser feita na equação dos custos do dimensionamento (equação 17). Como o produtor tem receita equivalente a b da quantidade total colhida (R_N), qualquer quantidade não colhida se converte em perdas do fornecedor do serviço na proporção b . Então para a colheita terceirizada a equação

17 foi substituída pela equação 34. A modificação adicional segue a mesma lógica quanto aos custos associado ao progresso tecnológico, substituindo a equação 11 pela equação 35.

$$RT_N = (R_N) * (1 - r) * b \quad (33)$$

$$C_N = RP_N * (p_n - \varphi) * (1 - r) * b \quad (34)$$

$$G_N = (RG_N - R_N) * (1 - r) * b \quad (35)$$

em que,

b - proporção da receita colhida que se converte em receita do fornecedor de serviços de colheita terceirizada.

RT_N - Receita do fornecedor de serviços de colheita terceirizada no período N.

As demais alterações se referem ao fato de que proprietários de colhedoras para tal fim não são público alvo do programa Mais Alimentos. Portanto as colhedoras de categorias III ou IV não possuem descontos de 18% e não podem ser financiadas nos termos do programa para esse público.

Uma vez que as colhedoras de classes III e IV são em geral consideradas tecnicamente adequadas à colheita de arroz do público alvo do programa de financiamento, a presente simulação considera que as colhedoras que um fornecedor de serviços terceirizados pode adquirir são as mesmas consideradas anteriormente. Para efeito de simplificação, considera-se que o fornecedor não utiliza capital de terceiros para a aquisição da máquina, ($F=0$).

Especificado desta forma, tem-se para cada período N uma série de custos e receitas que podem ter seus valores presentes acumulados e transformados em séries anuais uniformes. O valor da série anual uniforme das receitas menos os custos, equação 36, pode ser analisado como uma medida de lucro líquido (GRANT et al., 1982).

$$LL_\pi = \left(\left(\sum_{N=0}^{N=\pi} \frac{RT_N}{(1+تما)^N} \right) * \frac{(1+تما)^N * تما}{(1+تما)^{N-1}} \right) - CAUE_\pi \quad (36)$$

em que

LL_π - Lucro líquido anual uniforme do fornecedor de serviços de colheita terceirizada até o período π .

Como uma firma convencional, espera-se que as decisões de produção do ofertante de colheita terceirizada objetive a maximização de seu lucro, dadas as suas

restrições. Para a presente análise, considera-se que o produtor dispõe de K unidades monetárias no período $N=0$, suficiente para adquirir apenas uma das colhedoras. Assim a restrição que age ativamente no problema do produtor é o tempo disponível para as operações de colheita no estado ($t_N=300$ horas).

O produtor deve escolher qual colhedora e a quantidade de serviços oferecida, equivalente à área total colhida, no tempo disponível. Os custos do produtor não sofrem grandes influências das perdas enquanto ele não cobre áreas suficientemente grandes que esgotem as 300 horas da colheita disponíveis. Dentro deste limite o aumento dos custos operacionais é a principal fonte de variação.

A partir da área que é suficientemente grande para demandar mais de 300 horas de operação em condições de perdas mínimas, os custos com as perdas decorrentes do aumento da velocidade de operação começam a ser positivos, enquanto os custos operacionais ficam fixos, pois não se aumentam as horas trabalhadas.

Já a receita é crescente para as primeiras quantidades adicionais de área colhida, mas devido às perdas geradas pela restrição de tempo, a receita diminui quando a área colhida é muito grande.

Normalizando a área total colhida pela quantidade de agricultores público alvo do programa Mais Alimentos, considerando que cada um teria 72,6 ha de lavoura de arroz irrigado a serem colhidos, valor derivado da solução da equação 22. A figura 4 apresenta o comportamento do lucro líquido máximo do fornecer de serviço terceirizado para cada quantidade de agricultores que ele escolha atender (Agt) e o nível de perdas da operação (p_N).

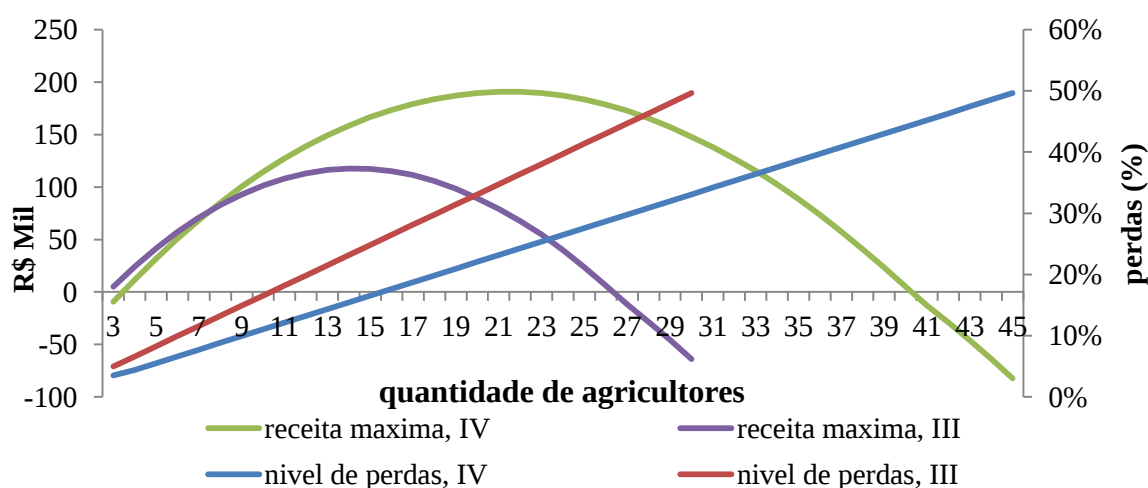


FIGURA 4. Gráfico do Lucro líquido máximo da colheita terceirizada e nível de perdas da operação (p_N) utilizando-se cada colhedora (classe III ou IV) por quantidade de agricultores atendidos.

Pela figura 4, identifica-se que a colhedora da categoria IV tem o potencial de gerar maior lucro para o fornecedor de serviços de colheita terceirizada. A combinação desta colhedora atendendo um público de 21 agricultores geraria um lucro anual equivalente máximo de R\$ 225.093, operando a um nível de perdas de 23% (p_N), em um horizonte de planejamento de nove anos. A colhedora de categoria III seria preferível apenas se não houvesse expectativas de atender mais do que cinco agricultores.

A figura 4 explica em parte as queixas dos agricultores quanto à terceirização da colheita. De fato, os fornecedores de serviços de colheita terceirizados têm incentivos para aumentar a velocidade de operação, deteriorando a qualidade dos serviços prestados. Além disso, qualquer atraso na operação de uma lavoura pode deixar outra sem o serviço.

O nível desejável de perdas $p_N=23\%$ pelo fornecedores do serviço dificilmente seria tolerado pelos agricultores em condições normais, exceto quando as condições climáticas apresentem a perspectiva de perda total da lavoura. De fato, os produtores rurais monitoram a qualidade do serviço prestado e pressionam para que não se atinjam tais níveis de perdas. Entretanto, a operação terceirizada conta com um nível muito menor de controle do agricultor quando comparada à operação de uma colhedora própria. Para a comparação entre os custos das duas opções, considere-se que os agricultores limitem em $p_N=10\%$ o nível de perdas máximo admissível. Assim, operações que atinjam níveis superiores seriam totalmente rejeitadas por esses.

Sendo 10% o nível máximo de perdas (p_N), os fornecedores de serviços terceirizados maximizariam seus lucros individuais adquirindo colhedoras da categoria IV e atenderiam a nove agricultores ($Agt=9$), tendo um lucro anual equivalente de R\$ 132.736 em um horizonte de planejamento de nove anos ($\pi=9$).

Os custos individuais dos agricultores que contratarem estes serviços seriam formados pela soma de dois componentes. O primeiro é a proporção b da quantidade colhida, que é igual à receita do fornecedor de serviços de colheita terceirizada (RT_N). O segundo é a diferença entre as perdas da colheita terceirizada e as perdas que

poderiam ser alcançadas em uma operação de perdas mínimas. A equação 37 apresenta tais custos em termos de série anual uniforme equivalente.

$$CAUETI_{\pi} = \left(\sum_{N=0}^{N=\pi} \frac{RT_N + (RP_N * (p_n - \varphi) * (1-r) * (1-b)) * Agt^{-1}}{(1+تما)^N} \right) * \frac{(1+تما)^N * تما}{(1+تما)^{N-1}} \quad (37)$$

em que,

Agt - Quantidade de agricultores atendidos pela mesma colhedora terceirizada

CAUETI_π - Custos individuais de cada agricultor atendido pela mesma colhedora terceirizada no período π.

Dividindo a série de CAUE's da colhedora da categoria IV da figura 1 pela quantidade de agricultores utilizada na simulação (Ag=3) pode-se compará-los com os valores da equação 37. Na figura 5, são apresentados os custos anuais individuais de ambas as opções, colhedora própria adquirida em grupo de três agricultores, nove agricultores e contratação de colhedora terceirizada.

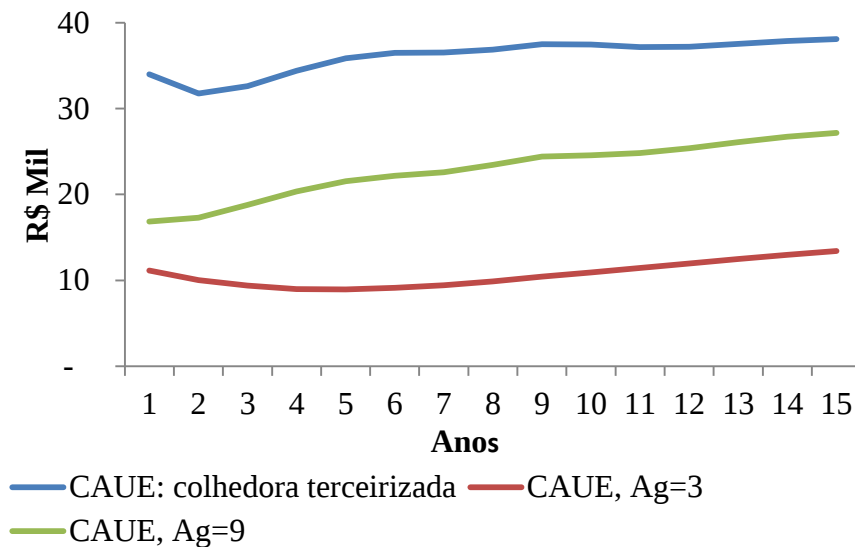


FIGURA 5. Gráfico dos CAUE's individuais por idade do investimento: colhedora própria (Classe IV) e terceirizada.

Embora as vidas econômicas das opções sejam diferentes, percebe-se que os custos associados à contratação de serviços de colheita de terceiros é uma opção mais custosa do que as opções de associação em grupos para financiar uma colhedora nova pelo programa Mais Alimentos. A proporção $b=10\%$ e o elevado nível de perdas $p_N=10\%$ põem a opção de colheita terceirizada em uma posição pouco competitiva em

relação à aquisição de máquinas em grupo. Embora o nível de perdas $p_N=10\%$ desfavoreça a opção por terceirização, quando se igualam as condições de colheita da colheita terceirizada com a máquina própria ($Ag=Agt=9$, $p_N=10\%$) a terceirização ainda se releva mais custosa, como destaca a figura 5.

Embora $Ag=3$ tenha sido escolhido pela capacidade de escolha entre qualquer das máquinas financiáveis em 100% do seus preços, este tamanho do grupo de agricultores escolhendo uma colhedora de classe IV compõe a configuração de menor CAUE individual entre as demais combinações de máquinas e tamanho dos grupos, figura 5. Enfatiza-se que obtendo-se menores custos individuais ao se formarem grupos corrobora a relação entre maiores eficiências técnicas e a participação em agrupamento de produtores de arroz irrigado descrita por Gedara et al. (2012).

5 Conclusões e Considerações Finais

Para o sucesso de políticas que tenham por objetivo a difusão de tecnologias de produção é crucial que se conheçam os custos dos produtores. A adição das colhedoras como item financiável pelo Mais Alimentos foi feita de forma que criou incentivos econômicos que justificam a compra desta máquinas por pequenos produtores. Os resultados deste artigo apontam, portanto, que as condições de demanda, baseada nos custos dos produtores, estão favoráveis à decisão por financiamentos destes ativos.

De fato, as respostas das fabricantes de máquinas corroboram com tais resultados. Desde que as colhedoras passaram a ser financiáveis pelo Mais Alimentos, entre as configurações possíveis descritas nos termos do programa, as fabricantes de máquinas optaram por ofertar máquinas de classe IV, preterindo as configurações de menor capacidade operacional da classe III.

Por outro lado, a quantidade de financiamentos de colhedoras no Rio Grande do Sul não apresentou salto destacável até 2012. Este fato aponta para a necessidade de se entender melhor os aspectos relevantes para a formação de demanda por

colhedoras dos produtores considerados, uma vez que mesmo os custos revelando-se adequados à compra, existem fatores diversos que podem fazer com que os agricultores não façam o investimento.

A percepção dos agricultores sobre o investimento não é considerada no presente trabalho. De fato, as decisões dos agricultores podem estar sendo influenciadas por preferências outras que não apenas os fluxos financeiros, e mesmo tais fluxos podem não estar claros para tal público. Como aponta Maart-Noelck; Musshoff (2013) em análise experimental com agricultores reais, os modelos clássicos de custo podem não explicar exatamente as decisões de investimentos. Assim, além da presente avaliação favorável quanto aos impactos em termos de custos, a política de financiamento deve procurar adequar-se às demais preferências dos agricultores. Isto feito, são potencializadas as chances de sucesso da estratégia de mecanização das pequenas propriedades agrícolas, em termos que satisfaçam os produtores e promovam a sustentabilidade econômica dos negócios.

Referências

ANDERSSON, N. **Seleção de Tratores Agrícolas Adequados à Agricultura Familiar**, 2010. Universidade Federal de Pelotas.

ANDREWS, S. B.; SIEBENMORGEN, T. J.; VORIES, E. D.; LOEWER, D. H.; MAUROMOUSTAKOS, A. Effects of combine operating parameters on haverst loss and quality in rice. **Transactions of the ASAE**, v. 36, n. 6, p. 1599–1607, 1993.

ARALDI, P. F.; SCHLOSSER, J. F.; FRANTZ, U. G.; RIBAS, R. L.; SANTOS, P. M. DOS. Eficiência operacional na colheita mecanizada em lavouras de arroz irrigado. **Ciência Rural**, v. 43, n. 3, p. 445–451, 2013.

AUDSLEY, E.; WHEELER, J. The annual cost of machinery calculated using actual cash flows. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 23, p. 189–201, 1978.

BCB. Banco Central do Brasil. Disponível em:
<www4.bcb.gov.br/NXT/geropmcr/DOWNLOAD/mcr10-05.doc>. Acesso em: 1/11/2014.

BOEHLJE, M. D.; WHITE, T. K. A production-investment decision model of farm firm growth. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 51, n. 3, p. 546–563, 1969.

BORGES, I. O.; MACIEL, A. J. S.; MILAN, M. Programa computacional para o dimensionamento de colhedoras considerando a pontualidade na colheita de soja. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 1, p. 131–141, 2006.

CHIMCHANA, D.; SALOKHE, V. M.; SONI, P. Development of an unequal speed co-axial split-rotor thresher for rice. **Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal**, v. X, p. 1–11, 2008.

CONAB. Estudos de prospecção de mercado, safra 2012-2013. Disponível em:
<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_09_11_16_41_03_prospecca_o_12_13.pdf>. Acesso em: 1/11/2014.

EL-SHARABASY, M. M. A. Total grain losses, energy and cost requirements for harvesting rice crop mechanically in delta Egypt. **Misr Journal Of Agricultural Engineering**, v. 24, n. January 2007, p. 1–17, 2007.

GEDARA, K. M.; WILSON, C.; PASCOE, S.; ROBINSON, T. Factors affecting technical efficiency of rice farmers in village reservoir irrigation systems of Sri Lanka. **Journal of Agricultural Economics**, v. 63, n. 3, p. 627–638, 2012. Disponível em:
<<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1477-9552.2012.00343.x>>. Acesso em: 28/2/2015.

GRANT, E. L.; IRESON, W. G.; LEAVENWORTH, R. S. **Principles of engineering economy**. 7th ed. John Wiley & Sons, 1982.

HOUSSOU, N.; DIAO, X.; COSSAR, F.; et al. Agricultural mechanization in Ghana: Is specialized agricultural mechanization service provision a viable business model? **American Journal of Agricultural Economics**, v. 95, n. 5, p. 1237–1244, 2013. Disponível em: <<http://ajae.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1093/ajae/aat026>>. Acesso em: 28/2/2015.

IBGE. Censo agropecuário 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro>>. Acesso em: 27/2/2015.

IRGA. Custo de produção do arroz irrigado médio ponderado no rio grande do sul, sistema de cultivo mínimo, estimativa da safra 2013/14. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/upload/20140318133121custo_de_producao_medio_pondera_do_arroz_irrigado_2013_14.pdf>. Acesso em: 1/11/2014.

KALSIRISILP, R.; SINGH, G. Adoption of a stripper header for a thai-made rice combine harvester. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 80, n. 2, p. 163–172, 2001.

LU, R.; SIEBENMORGEN, T. J.; COSTELLO, T. A.; JR, E. O. F. Effect of rice moisture content at harvest on economic return. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 11, n. 6, p. 685–690, 1995.

MAART-NOELCK, S. C.; MUSSHOF, O. Investing today or tomorrow? an experimental approach to farmers' decision behaviour. **Journal of Agricultural Economics**, v. 64, n. 2, p. 295–318, 2013. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1477-9552.2012.00371.x>>. Acesso em: 28/2/2015.

MANUELLI, R. E.; SESHADRI, A. Frictionless technology diffusion : the case of tractors. **American Economic Review**, v. 104, n. 4, p. 1368–1391, 2014.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO (MDA). Pronaf-Mais alimentos. Disponível em: <<http://portal.mda.gov.br/portal/saf/maisalimentos/>>. Acesso em: 8/1/2015.

NIK EBRAHIMI, M. A.; KHADEMOLHOSSEINI, N.; ABBASPOUR-FARD, M. H.; MAHDINIA, A.; ALAMI-SAIED, K. Optimum utilisation of low-capacity combines harvesters in high-yielding wheat farms using multi-criteria decision making. **Biosystems Engineering**, v. 103, n. 3, p. 382–388, 2009.

OBRIMAH, O. A.; ABIMIKU, F.; BRIGGS, P. B. Peasant farming in emerging countries: does agricultural financing really have an impact? Disponível em: <<http://ssrn.com/abstract=2483849>>. Acesso em: 1/2/2015.

REID, D. W.; BRADFORD, G. L. A farm firm model of machinery investment decisions. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 69, n. 1, p. 64–77, 1987.

SMIDERLE, O. J.; DIAS, C. T. DOS S. Época de colheita e qualidade fisiológica de sementes em arroz irrigado (*Oryza sativa* cv. BRS Roraima). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, p. 188–194, 2008.

TAKESHIMA, H.; NIN--PRATT, A.; DIAO, X. Mechanization and agricultural technology evolution, agricultural intensification in Sub-Saharan Africa: typology of agricultural mechanization in Nigeria. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 95, n. 5, p. 1230–1236, 2013. Disponível em: <<http://ajae.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1093/ajae/aat045>>. Acesso em: 3/12/2014.

THOMPSON, J. F.; MUTTERS, R. G. Effect of weather and rice moisture at harvest on milling quality of California medium-grain rice. **Transactions of the ASABE**, v. 49, n. 2, p. 435–440, 2006.

VEERANGOUDA, M.; SUSHILENDRA; PRAKASH, K. V; ANANTACHAR, M. Performance evaluation of tractor operated combine harvester. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v. 23, n. 2, p. 282–285, 2010.

WEERSINK, A.; STAUBER, S. Optimal replacement interval and depreciation method for a grain combine. **Western Journal of Agricultural Economics**, v. 13, n. 1, p. 18–28, 1988.