

OTIMIZAÇÃO ECONÔMICA, SOB CONDIÇÕES DE RISCO, PARA AGRICULTORES FAMILIARES DAS REGIÕES NORTE E NOROESTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Paulo Marcelo de Souza *

Laboratório de Engenharia Agrícola
Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF)
Campos dos Goytacazes – RJ
pmsouza@uenf.br

Victor Rodrigues Ferreira

GTRA / Universidade de Brasília (UnB)
Brasília – DF

Niraldo José Ponciano

Mônica do Nascimento Brito

Laboratório de Engenharia Agrícola
Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF)
Campos dos Goytacazes – RJ

** Corresponding author / autor para quem as correspondências devem ser encaminhadas*

Republicado de Pesquisa Operacional (ISSN 0101-7438) vol 28, n. 1, pp. 123-139.

Resumo

O objetivo deste trabalho foi obter, através do uso da programação linear, sistemas de produção agrícola capazes de otimizar os recursos de agricultores familiares das regiões Norte e Noroeste Fluminense. Foram estudados agricultores pertencentes aos grupos A, C e D do PRONAF, dos quais foram obtidas as informações sobre dotação dos recursos e sobre custos e margens brutas. Quando desconsiderados os riscos de preço, o cultivo da goiaba destacou-se como a melhor opção para otimização dos recursos e geração de renda. Quando considerados os riscos de redução nos preços, através do modelo MOTAD, concluiu-se que sistemas de produção envolvendo o cultivo simultâneo de maracujá e goiaba, principalmente, propiciariam redução dos riscos, sem grave comprometimento da renda gerada. Constatou-se, ainda, que os recursos do PRONAF contribuíram para elevar o uso da terra, aumentar o retorno das atividades e para a contratação de trabalhadores adicionais.

Palavras-chave: agricultura familiar; programação linear; PRONAF.

Abstract

The objective of this work was to find systems of agricultural production that optimize the resources of familiar farmers of the North and northwest regions of the Rio de Janeiro, using the linear programming method. Farmers of the PRONAF groups (A, C and D) were interviewed, what allowed obtaining the information about resources endowment, production costs and gross margins. When the price risks were not included in the model, the guava was the best choice for the optimization of resources and income generation. When considered the price risks, through the MOTAD model, it was concluded that production systems involving the simultaneous culture of passion fruit and guava, mainly, can reduce the risks, without causing a great loss of the income. It was evidenced, besides, that the PRONAF resources contributed to raise the use of the land, to increase the return of the activities and for the rural employment.

Keywords: family farming; linear programming; PRONAF.

1. Introdução

Não obstante as grandes dificuldades enfrentadas pelos pequenos estabelecimentos agropecuários, decorrentes, principalmente, de sua relativa incapacidade para se adequar ao crescente padrão tecnológico da agricultura e da discriminação da política agrícola passada, é ainda grande a importância desse segmento na agricultura brasileira. Dados do Censo Agropecuário 1995/96, da FIBGE, permitem concluir que 85% dos estabelecimentos agropecuários brasileiros podem ser caracterizados como propriedades familiares, totalizando cerca de 4,85 milhões de estabelecimentos, com apenas 11% sendo enquadrados como empresas patronais, o restante ficando por conta de entidades públicas e instituições religiosas.

Embora representem a maioria dos estabelecimentos agropecuários, os agricultores familiares possuem apenas 30% da área em propriedades no Brasil, ao passo que a agricultura patronal ocupa quase 70% desse total. Ainda assim, a agricultura familiar responde por cerca de 38% do valor da produção, o que é considerável, dada a participação desse segmento na área total dos estabelecimentos agropecuários. Além disso, os estabelecimentos familiares ocupam algo próximo a 13,8 milhões de pessoas, o que equivale a mais de 75% do pessoal ocupado na agropecuária. Por outro lado, o pessoal ocupado na agricultura patronal representa apenas 20% do total, contrastando com a grande proporção de área que ela ocupa.

Essas informações revelam a importância desse segmento que, mesmo enfrentando vários problemas, mantém expressiva participação na economia agrícola nacional. Como destacado por Guanziróli *et al.* (2001), uma parte significativa desses agricultores não tem acesso à terra ou possuem terras de tamanho insuficiente.

Em razão de várias características da pequena produção, o padrão tecnológico imposto com a modernização agrícola, orientado para a expansão do complexo agroindustrial, não foi absorvido pelos pequenos produtores. Conforme Silva (1999), a modernização desses agricultores tem, como fatores limitantes, a incompatibilidade entre a escala mínima requerida pelo novo padrão e a insuficiência dos recursos produtivos e financeiros de que eles dispõem. Além disso, não se deve esquecer que esses agricultores não contaram com o apoio do governo durante todo o período de modernização agrícola, durante o qual as políticas agrícolas privilegiaram os médios e grandes produtores.

Informações elaboradas a partir dos dados do Censo Agropecuário 1995/96 permitem inferir que é grande o número de pequenos estabelecimentos nos municípios das regiões Norte e Noroeste Fluminense, cuja situação, em termos de tamanho e características da força de trabalho empregada, permite enquadrá-los como estabelecimentos familiares. Na região Norte, cerca de 40% das propriedades tem menos de 5 hectares, cifra que atinge o valor de 55% quando são incluídos os estabelecimentos de até 10 hectares. Do conjunto de municípios que compõem essas regiões, os de Porciúncula, Varre-Sai, Campos dos Goytacazes e São João da Barra se destacam por apresentar maior percentual de estabelecimentos menores, com valores na faixa de 45-50% de estabelecimentos com menos de 5 hectares, participação que se eleva para 60-70% quando são considerados os estabelecimentos de até 10 hectares.

Uma das características da produção familiar é a policultura. Ainda que cultivem um produto principal, voltado para o mercado, os pequenos produtores, de um modo geral, se dedicam a várias outras atividades, seja para comercializar ou simplesmente para a subsistência da

família. Uma vez que dispõem de poucos recursos, a especialização em um único produto seria uma estratégia arriscada, visto que situações de quebra de safra ou drástica redução nos preços desse produto colocaria em risco a própria alimentação de suas famílias. Além disso, a policultura possibilita, relativamente à especialização, uso mais contínuo da mão-de-obra familiar durante o ano, evitando o subemprego estacional.

Outra característica desse segmento é a insuficiência de recursos financeiros, que decorre das próprias condições precárias com que os agricultores exercem sua atividade, bem como da baixa produtividade de seu trabalho, conforme Silva (1999). É um círculo vicioso em que, não tendo recursos financeiros para custear a safra e investir na propriedade, esses agricultores não conseguem elevar seus ganhos que, por sua vez, impedem que novos investimentos sejam feitos, e assim por diante. A quebra desse ciclo somente é possível com o fornecimento de crédito a esses agricultores, em condições especiais, e em consonância com as especificidades desse segmento.

A insuficiência de recursos financeiros por parte dos pequenos agricultores torna-os extremamente dependentes de uma política de crédito favorável, sem a qual permanecerão na mesma posição retardatária quanto ao uso de tecnologia e à competitividade frente aos demais estabelecimentos. Além disso, o acesso ao crédito rural pelos agricultores familiares é um importante instrumento para o desenvolvimento local, principalmente nos pequenos municípios, pois pode estimular novos investimentos, potencializar experiências de produção e organização da produção, viabilizar a industrialização e a comercialização da produção, tendo como consequência a geração de empregos e renda.

Em virtude do reconhecimento da importância de tal política, e principalmente por efeito das mobilizações das organizações dos agricultores familiares junto ao governo, como destacado por Picinatto *et al.* (2000), as políticas de crédito voltadas para a agricultura familiar vêm apresentando avanços, culminando no surgimento do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – PRONAF. O PRONAF, criado pelo Decreto nº. 1.946 de 28.06.96, financia operações de custeio e investimento, e tem como público agricultores familiares, extrativistas, aquícultores, pescadores artesanais, remanescentes de quilombos e indígenas (Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2006).

Para fins de concessão dos benefícios do Programa, os agricultores são classificados, atualmente, nos grupos A, A/C, B, C, D e E, segundo critérios que levam em conta, principalmente, a origem da renda familiar, o volume de mão-de-obra contratada no estabelecimento e ao valor da renda bruta anual familiar. É a partir dos grupos acima definidos que o Programa define os limites de financiamento, as taxas de juros cobradas, a carência e o prazo de reembolso.

Diante das características da pequena produção apresentadas, especialmente a escassez de recursos, a preferência pela policultura e a necessidade de plena utilização da mão-de-obra disponível, é importante determinar a combinação ótima de atividades, que possibilite o maior retorno, com o melhor uso possível dos recursos existentes. Por outro lado, em virtude da escassez de recursos financeiros, a escolha de cultivos feita por esses agricultores tende a se limitar às atividades que requerem menor aquisição de insumos, sendo esperado significativo impacto da política de crédito sobre a combinação de culturas escolhidas e sobre a renda desses agricultores.

Essa é a perspectiva desta pesquisa, na qual se busca propor planos ótimos de produção para agricultores familiares das regiões Norte e Noroeste Fluminense. Parte-se do princípio de que

esse estudo possa gerar resultados importantes para as regiões, e também para a análise do próprio PRONAF, ao verificar o efeito dos financiamentos sobre a combinação de atividades e sobre a margem bruta desses produtores e, conseqüentemente, sobre seu nível de vida. O objetivo geral da pesquisa consiste em obter a melhor combinação de atividades agrícolas para agricultores representativos dos grupos de beneficiários do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – PRONAF, mais especificamente dos grupos A, C e D. Uma vez que é grande a incerteza quanto ao preço dos produtos agrícolas, o trabalho pretende, num segundo momento, embutir a variável risco na análise, com o uso do modelo MOTAD (*Minimization of Total Absolute Deviations*).

2. Metodologia

O trabalho pretende empregar a técnica de Programação Linear. Conforme Hadley (1962), esse modelo é usado para obter o valor ótimo de determinada função objetivo, expressa na forma linear, obedecendo-se as equações ou inequações específicas, também lineares, que representam as restrições do modelo.

No trabalho proposto, o objetivo principal é obter a melhor combinação de atividades dentro da propriedade, ou seja, quanto de área deve ser destinado a cada uma dessas atividades. Em termos do modelo de programação linear, isso implica em determinar os valores das variáveis X_1, X_2, \dots, X_n (área destinada a cada atividade) que gerem para o produtor a maior margem bruta possível (Z), dada sua disponibilidade de recursos físicos e financeiros.

De acordo com Horiuchi *et al.* (1982), o conceito de margem bruta consiste na diferença entre a receita bruta e os custos variáveis, diferente, portanto, do conceito de lucro, que seria obtido subtraindo-se da margem bruta todos os custos fixos incorridos nas atividades, como destacado por Lima *et al.* (1984). É a limitação dos recursos à disposição dos agricultores que irá constituir as restrições do problema, o qual consiste, fundamentalmente, no objetivo de maximizar a função margem bruta do produtor (Z)

$$Z = c_1X_1 + c_2X_2 + \dots + c_nX_n$$

sujeitando-se à restrição de que a quantidade de área destinada a cada atividade (X_1, X_2, \dots, X_n) não implique num uso de recursos maior do que o montante disponível (b_1, b_2, \dots, b_m). Ou seja, a maximização da margem bruta deve respeitar o seguinte sistema de inequações lineares:

$$\begin{aligned} a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n &\leq b_1 \\ a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n &\leq b_2 \\ \dots &\dots \\ a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n &\leq b_m \end{aligned}$$

e que $X_1, X_2, \dots, X_n \geq 0$.

De forma mais compacta, esse modelo pode ser representado por:

$$\text{Max } Z = \sum_{j=1}^n c_j X_j$$

sujeito às restrições

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_i \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad e \quad X_j \geq 0$$

Em que, para m recursos disponíveis e n atividades produtivas:

b_i = quantidade do recurso i disponível, anualmente, para o conjunto das atividades ($b_i \geq 0$);

X_j = área destinada à atividade j ;

c_j = margem bruta anual do produto j ;

a_{ij} = quantidade do recurso i consumida, por ha, na produção de uma unidade do produto j .

As m restrições informam que o total de insumos despendidos deve ser, no máximo, igual à quantidade total disponível b_i .

No modelo até aqui proposto nenhuma consideração acerca dos riscos advindos da flutuação dos preços dos produtos foi incluída. É sabido que determinadas atividades, conquanto apresentem grandes margens brutas por hectare cultivado, podem se caracterizar por um nível de risco de preços relativamente mais elevado do que outras. Atividades como estas, que tenderiam a predominar sobre as demais num problema de otimização, não poderiam, entretanto, figurar como único empreendimento de pequenos agricultores, geralmente incapazes de arcar com grandes prejuízos.

Em função disso, faz-se necessário considerar os riscos envolvidos em cada uma das atividades, de modo a gerar resultados que possibilitem aos agricultores diferentes combinações de risco e retorno. Nesse trabalho, pretende-se incluir na análise os riscos advindos da flutuação dos preços dos produtos, com o uso do modelo MOTAD (*Minimization of Total Absolute Deviations*). A utilização de programação linear em problemas de otimização sob condições de risco na agricultura, utilizando o modelo MOTAD, vem sendo adotada por vários autores, como Azevedo Filho & Peres (1984), Lira (1987), Oliveira *et al.* (1995), Araújo (1997); Balverde (1997) e Fasiaben *et al.* (2003).

O modelo MOTAD possibilita a obtenção de uma fronteira eficiente, que permite ao tomador de decisões escolher entre as diversas combinações de atividades, cada qual obtida de modo a tornar mínimo o desvio absoluto total em relação à média, para determinado valor esperado de margem bruta. Dada uma amostra das margens brutas de anos anteriores, a seguinte expressão fornece uma estimativa não viesada do desvio absoluto médio da margem bruta esperada (M):

$$M = \frac{1}{p} \sum_{t=1}^p \left| \sum_{j=1}^m (c_{jt} - \bar{c}_j) X_j \right|$$

em que: n é o tamanho da amostra; c_{jt} é a margem bruta observada por unidade de área cultivada da j -ésima cultura no t -ésimo ano; \bar{c}_j é a média amostral da margem bruta por unidade de área cultivada da atividade j ; e X_j é a área cultivada com a j -ésima cultura.

De acordo com Hazell (1971), essa medida de risco pode ser incorporada num modelo de programação linear, formulado de forma a minimizar o desvio médio absoluto (M) para um dado nível de margem bruta esperada $E(Z)$. O processo consiste, portanto, em admitir valores para a margem bruta esperada, obtendo-se, pela solução do modelo, um conjunto eficiente de

combinações de atividades, onde o valor do desvio médio absoluto é mínimo para cada margem bruta esperada desejada. O modelo pode também ser operacionalizado usando-se somente o valor absoluto dos desvios negativos em torno da média, estimados por:

$$D = \frac{M}{2} = \frac{1}{p} \sum_{t=1}^p \left| \min \left[\sum_{j=1}^m (c_{jt} - \bar{c}_j) X_j, 0 \right] \right|$$

onde os desvios negativos (Y_t) podem ser medidos para cada ano da amostra, isto é:

$$Y_t = - \sum_{j=1}^m (c_{jt} - \bar{c}_j) X_j$$

Portanto, o problema de programação sugerido por Hazell pode ser formulado de modo a tornar mínima a soma das variáveis Y_t , com obediência às restrições técnicas e à restrição paramétrica sobre o valor esperado total da margem bruta. Desse modo, o problema pode ser formulado da seguinte maneira:

$$\begin{aligned} & \text{Minimizar } \frac{M}{2} = \sum_{t=1}^p Y_t \\ & \text{Sujeito a: } \sum_{j=1}^m (c_{jt} - \bar{c}_j) + Y_t \geq 0 \quad (t=1, \dots, p) \\ & \sum_{j=1}^m c_j X_j = \beta \quad (\beta=0, \dots, Z^*) \\ & \sum_{j=1}^m a_{ij} X_j \leq b_i \quad (i=1, \dots, n) \\ & X_j \geq 0 \quad (j=1, \dots, m) \\ & Y_t \geq 0 \quad (t=1, \dots, p) \end{aligned}$$

Em que: p é o número de observações de uma amostra de margens brutas; $(c_{jt} - \bar{c}_j)$ é o desvio em relação à margem bruta média da atividade j no ano t ; Y_t é a soma dos valores absolutos dos desvios negativos no ano t ; β é o coeficiente de parametrização, representando a margem bruta esperada, que assume valores desde zero até o máximo dado pela solução do programa linear padrão (Z^*), isto é, a o valor obtido na hipótese de risco nulo.

Deste modo, quando aplicado ao planejamento agrícola, o uso do MOTAD permite que o tomador de decisões possa escolher entre um conjunto de combinações de atividades, cada combinação apresentando níveis diferentes de margem bruta esperada com o mínimo de desvio absoluto em relação à média.

3. Variáveis e fonte dos dados

Os dados a respeito da dotação de recursos dos agricultores foram obtidos mediante entrevistas com produtores da região. Foram entrevistados cinco produtores de cada grupo considerado, que fossem representativos da região, visando obter informações sobre tamanho da propriedade, volume de capital próprio e quantidade de mão-de-obra familiar disponível.

A partir disso, foi possível obter a dotação média dos recursos, admitida como a média dos valores informados pelos entrevistados. Como a caracterização dos grupos do PRONAF é ampla o suficiente para comportar, num mesmo grupo, diferentes tipos de agricultores, no que diz respeito a tamanho da propriedade, dotação de recursos e mão-de-obra utilizada, a opção pela média dos valores obtidos nas entrevistas é uma tentativa de obter indicadores que melhor representem os agricultores familiares de cada grupo na região.

As informações sobre margens brutas, exigência de mão-de-obra e custos operacionais das distintas atividades foram obtidas junto aos técnicos dos escritórios locais da Emater-RJ, dos municípios de Campos dos Goytacazes e São Francisco de Itabapoana. A partir dessas entrevistas, foi possível, inicialmente, identificar um conjunto de atividades que pudessem ser desenvolvidas na região, a partir da realidade dos agricultores familiares. Com esse procedimento, foram identificadas nove atividades potenciais para compor o sistema produtivo dos agricultores familiares: banana, coco, abacaxi, goiaba, maracujá, pinha, laranja, mandioca e cana-de-açúcar. Para cada uma dessas atividades, foram estimados os custos médios de produção, a margem bruta esperada e a exigência de mão-de-obra, exibidos na Tabela 1. Essas estimativas foram, também, estabelecidas por técnicos da Emater, tendo por base sua experiência na confecção de projetos de investimento na produção das frutíferas constantes da tabela, elaborados para atender às demandas de agricultores familiares dos municípios em questão, ou seja, Campos dos Goytacazes e São Francisco do Itabapoana.

Já os dados de preço, necessários à análise de risco, foram obtidos nas Centrais de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro – CEASA-RJ e na Fundação Getúlio Vargas.

Tabela 1 – Coeficientes técnicos utilizados no modelo de programação linear.

Atividades	Margem bruta R\$/ha	Custo operacional R\$/ha	Mão-de-obra dh/ha
Abacaxi	7.221,00	1.509,00	105,00
Banana	2.166,00	1.260,00	80,00
Cana-de-açúcar	1.104,00	705,00	15,00
Coco	6.285,00	1.755,00	65,00
Goiaba	8.522,88	915,00	95,00
Laranja	1.045,44	1.230,00	55,00
Mandioca	1.180,80	525,00	30,00
Maracujá	9.026,73	705,00	80,00
Pinha	9.063,12	2.067,00	84,00

Fonte: dados da pesquisa.

É importante destacar que os custos estimados refletem a situação dos agricultores familiares locais que, em geral, desenvolvem suas atividades com um padrão tecnológico mais baixo, não empregando, por exemplo, a irrigação, que é uma técnica de grande importância na região, de baixa pluviosidade. Esses custos não incluem os gastos com mão-de-obra. Isso possibilitou a utilização, no modelo de otimização, de uma variável de folga que representasse a necessidade adicional de mão-de-obra, isto é, a quantidade mão-de-obra que seria contratada nos casos em que a mão-de-obra familiar fosse insuficiente para a condução das atividades. Essa variável foi também incluída na restrição de recursos financeiros, uma vez que a contratação de trabalhadores implicaria em gastos adicionais.

Além disso, deve-se notar que os custos em questão referem-se aos custos operacionais, ou seja, aqueles que envolvem desembolso efetivo e que, por isso, podem ser cotejados com os financiamentos de custeio concedidos pelo PRONAF com a finalidade de cobrir tais despesas. De modo semelhante, o conceito de retorno utilizado é o de margem bruta, e não o de lucro, já que os demais itens de custo, decorrentes do investimento e dos custos fixos a ele associados, não estão sendo considerados.

Através de entrevistas, foram identificadas as dotações dos recursos terra, capital e trabalho que representassem, em média, a situação de cada grupo de agricultores. Essas dotações encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Dotações medidas de recursos próprios para cada grupo de agricultores.

Grupo	Terra (ha)	Capital (R\$)	Mão-de-obra (dia.homem/ano)
Grupo A	10,00	7.150,00	690,00
Grupo C	15,00	17.056,00	690,00
Grupo D	20,00	20.046,00	690,00

Fonte: dados da pesquisa.

É importante destacar que, como a pesquisa considerou apenas os impactos dos recursos de custeio, não se trata do grupo A, relativo a assentados de reforma agrária, mas sim do grupo A/C, de agricultores em transição para o grupo C, que têm acesso a esses recursos. A referência ao grupo A, feita ao longo do texto, será adotada por simplificação. Há ainda os grupos B e E, não considerados na pesquisa. No grupo B, encontram-se os minifundistas das regiões mais pobres do país, principalmente do Nordeste. Quanto ao grupo E, este ainda não existia no momento em que se iniciou a pesquisa.

O volume de recursos financeiros próprios foi estimado a partir das informações sobre o total de gastos incorridos, anualmente, na condução das atividades desenvolvidas pelo agricultor. Esses gastos equivaleriam aos custos operacionais efetivos, os quais, segundo Matsunaga *et al.* (1976), representam os gastos efetivamente incorridos na atividade, não incluindo, portanto, o preço dos serviços realizados pela mão-de-obra familiar, o custo de oportunidade do capital estável e a depreciação de benfeitorias, equipamentos, animais de serviços, etc. Anualmente, esses custos operacionais devem ser cobertos pelos recursos à disposição do agricultor, sejam eles próprios ou financiados. Partindo desse princípio, a estimativa dos recursos próprios foi obtida subtraindo-se, dos gastos totais efetivados com as culturas no ano, o valor dos recursos financeiros obtidos por financiamento.

A dotação média de mão-de-obra, apresentada na Tabela 2, é a mesma para todos os tipos de agricultores. Essa dotação equivale a cerca de 2,3 pessoas adultas para todos os grupos, o que equivale a cerca de 690 dias.homem/ano, considerando-se um ano com 300 dias úteis. Nesse cálculo, crianças com menos de quatorze anos foram consideradas como equivalentes a 0,4 adulto, conforme utilizado por Kageyama & Graziano da Silva (1983). Em algumas propriedades de agricultores dos grupos C e D, que dispõem de mais recursos financeiros próprios, foi constatada a presença de mão-de-obra contratada. De todo o modo, manteve-se como dotação básica de mão-de-obra os membros da família, uma vez que a contratação de mão-de-obra foi introduzida no modelo através de uma variável de folga na restrição de mão-de-obra.

Embora a mão-de-obra familiar não seja remunerada, é necessário imputar-lhe um valor, que deveria constar dos custos de produção. No modelo, os custos operacionais não incluem essa ou qualquer outra mão-de-obra. Enquanto a mão-de-obra contratada constitui uma variável à parte, o custo imputado ao trabalho familiar, de um salário mínimo por pessoa, num total de 2,3 pessoas por estabelecimento, foi subtraído da margem bruta total. Ou seja, o problema foi formulado de modo a maximizar o resultado final disponível para o agricultor, já descontado dos gastos com o sustento de sua família.

Uma vez obtidos os coeficientes técnicos e as dotações de recursos, foi montado um modelo de programação linear para maximizar a margem bruta do agricultor. Inicialmente, esse modelo considerou como dotação de recursos financeiros apenas os recursos próprios dos agricultores. Em seguida, essa restrição foi amenizada com a inclusão dos recursos de custeio previstos no PRONAF, cujos limites e condições de financiamento, para os grupos considerados, encontram-se na Tabela 3. Como os encargos financeiros sobre os empréstimos de cada grupo são relativamente baixos e, além disso, há a previsão de bônus de adimplência, nos casos dos grupos A/C e C, optou-se, para simplificar a análise, por desconsiderar esses encargos.

Tabela 3 – Condições de financiamento dos recursos de custeio do PRONAF para os grupos A/C, C e D.

Grupo	Limites	Encargos	Prazos
Grupo “A/C”	R\$ 3.000,00	2% a.a. e bônus de adimplência de R\$ 200,00	Até 2 anos
Grupo C	R\$ 3.000,00	4% a.a. e bônus de adimplência de R\$ 200,00	Até 2 anos
Grupo D	R\$ 6.000,00	4% ao ano	Até 2 anos

Fonte: Ministério do Desenvolvimento Agrário (2006).

Numa última análise, procurou-se verificar o efeito dos riscos sobre a combinação ótima de atividades, através do modelo MOTAD. Foram considerados os riscos de variação das margens brutas decorrentes de quedas nos preços dos produtos. Para isso, foram consideradas as variações nos preços dos produtos ocorridas nos últimos dez anos. A operacionalização desses modelos de programação linear foi realizada através do programa LINDO 6.1., utilizando-se um microcomputador AMD Sempron 3000+, com 1.8 GHz e 512 MB de RAM.

4. Resultados e discussão

4.1 Otimização econômica sem a consideração dos riscos

Os resultados da otimização da margem bruta, para os agricultores representativos dos grupos A, C e D do PRONAF, encontram-se na Tabela 4. Observa-se que, para os três grupos, a produção de goiaba possibilita a geração de maior margem bruta anual, seja na presença (c/PRONAF) ou na ausência de recursos financeiros do PRONAF (s/PRONAF). Porém, esse resultado inicial renda eleva-se pela utilização dos recursos do PRONAF, que propiciam o cultivo de cerca de um hectare a mais, para os agricultores dos grupos A e B, e dois hectares adicionais, para agricultores do grupo D.

Tabela 4 – Resultado do modelo de programação linear para maximização da margem bruta de agricultores representativos dos grupos A, C e D do PRONAF.

Atividade	Grupo A		Grupo C		Grupo D	
	S/PRONAF	C/PRONAF	S/PRONAF	C/PRONAF	S/PRONAF	C/PRONAF
Goiaba	5,15	6,16	8,46	9,46	9,46	11,47
Demais*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resultado (Mil R\$)	34,85	41,62	57,22	63,99	63,97	77,52

* Abacaxi, banana, cana-de-açúcar, coco, laranja, mandioca, maracujá e pinha.

Nessa solução, toda a mão-de-obra familiar é empregada, e todos os recursos financeiros são consumidos no processo produtivo, como pode ser constatado na Tabela 5. Parte desses recursos são utilizados na contratação de mão-de-obra adicional. Entretanto, mesmo com a inclusão do financiamento do PRONAF nos recursos de custeio, parcela significativa da área, próxima de 50%, ainda fica ociosa.

Tabela 5 – Recursos empregados pelos agricultores representativos dos grupos A, C e D do PRONAF.

Recurso	Grupo A		Grupo C		Grupo D	
	S/PRONAF	C/PRONAF	S/PRONAF	C/PRONAF	S/PRONAF	C/PRONAF
Terra (ha)	5,15	6,16	8,46	9,46	9,46	11,47
Rec. financeiros (Mil R\$)	7,15	10,15	17,06	20,06	20,05	26,05
M.d.o. própria (d/h)	690,00	690,00	690,00	690,00	690,00	690,00
M.d.o. contratada (d/h)	67,85	215,19	554,38	701,73	701,24	995,93

De todo o modo, há que se destacar que os recursos obtidos no PRONAF para o custeio da safra contribuem, na simulação feita, para elevar significativamente o retorno da atividade. Pode-se constatar, na Tabela 6, que os recursos financiados contribuem para elevar em torno de 20% a margem bruta anual dos agricultores dos grupos A e D. Para os agricultores do grupo C, que contam com maior volume de recursos financeiros próprios que os do grupo A, mas têm acesso ao mesmo montante de financiamento para custeio, o impacto do financiamento é menor.

Tabela 6 – Variação percentual na margem bruta, na utilização da terra e na contratação de mão-de-obra, para agricultores representativos dos grupos A, C e D, resultante da utilização do recurso de custeio do PRONAF.

Atividade	Grupo A		Grupo C		Grupo D	
	Valor	%	Valor	%	Valor	%
Retorno financeiro (Mil R\$)	6,77	19,44	6,77	11,84	13,55	21,18
Terra ociosa (ha)	-1,01	-20,82	-1,00	-15,29	-2,01	-19,07
M.d.o. contratada (d/h)	147,34	217,16	147,35	26,58	294,69	42,02

É também expressiva a contribuição dos financiamentos para incrementar o uso da área disponível. Como pode ser observado na Tabela 6, por efeito dos financiamentos, há uma redução de cerca de 20% na ociosidade da terra nos grupos A e D, e de cerca de 15% para o grupo C. Finalmente, observa-se a importância dos financiamentos na geração de emprego, ao propiciar o custeio de atividades que demandam mais trabalhadores. Na simulação feita, os financiamentos gerariam aumento na contratação de trabalhadores, que seria dobrada no caso dos agricultores do grupo A, que, na situação inicial, utilizavam basicamente mão-de-obra familiar.

Uma vez que a especialização em uma única atividade é uma estratégia arriscada, principalmente para agricultores familiares, introduziu-se, no modelo, uma restrição de não especialização. Como hipótese, assumiu-se que nenhum agricultor destinaria mais do que um quinto de sua área a uma única atividade. Os resultados, exibidos na Tabela 7, mostram que outras atividades se apresentam como alternativas para maximizar a margem bruta total desses agricultores. Esse é o caso da pinha e do maracujá, as quais, juntamente com a goiaba, passam a compor os novos planos ótimos de produção.

Tabela 7 – Resultado do modelo de programação linear para maximização da margem bruta de agricultores representativos dos grupos A, C e D do PRONAF, sob a restrição de não especialização da propriedade em uma única atividade.

Atividade	Grupo A		Grupo C		Grupo D	
	S/PRONAF	C/PRONAF	S/PRONAF	C/PRONAF	S/PRONAF	C/PRONAF
Goiaba	2,00	2,00	3,00	3,00	4,00	4,00
Maracujá	0,00	2,00	3,00	3,00	4,00	4,00
Pinha	1,97	1,17	1,19	1,92	0,26	1,72
Demais*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resultado (Mil R\$)	26,65	37,42	52,01	57,36	59,59	70,31

* Abacaxi, banana, cana-de-açúcar, coco, laranja e mandioca.

Esse último resultado, obtido sob a hipótese de não especialização, decorre apenas das diferenças na contribuição de cada atividade para a margem bruta total, bem como de suas respectivas exigências de recursos. Esses planos não minimizam os riscos envolvidos, necessariamente, visto que considerações a respeito desses riscos não foram incluídas no modelo de otimização. Essas considerações são levadas em conta no próximo item, no qual, através do modelo MOTAD, busca-se minimizar os riscos decorrentes das flutuações dos preços dos produtos considerados.

4.2 Otimização econômica sob condições de risco de variações nos preços dos produtos

Na Tabela 8, encontram-se os resultados da otimização com o uso do modelo MOTAD para o grupo A, em que se buscou minimizar os riscos associados às variações da margem-bruta total, decorrentes de flutuações nos preços dos produtos. Para cada retorno desejado, foi gerada uma combinação ótima de atividades que propicia o menor risco. Observa-se que a solução inicial, recomendando o plantio de goiaba para a obtenção de máximo retorno, apresenta alto grau de risco, como refletido pelas flutuações nos preços desse produto, ocorridas nos dez anos considerados na análise.

Os riscos são reduzidos pela inclusão do cultivo de maracujá no sistema de produção, embora isso acarrete redução do retorno total esperado. Situações de menor risco, e também de menor retorno, estão associadas ao cultivo de coco, de início combinado com plantio de maracujá. Riscos ainda menores são obtidos pelo cultivo isolado do coco, resultante da menor instabilidade do mercado desse produto apresentada nos últimos anos. Porém, embora apresentando uma solução de menor risco, o cultivo de coco, isoladamente, gera retorno bem inferior às demais combinações obtidas.

Tabela 8 – Combinação ótima de atividades para diferentes situações de risco e retorno para agricultores representativos do grupo A, com recursos de custeio do PRONAF.

Atividades	Combinações									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Coco	-	-	-	-	2,9	3,5	4,1	3,4	2,8	2,1
Goiaba	6,2	2,1	1,1	0,1	-	-	-	-	-	-
Maracujá	-	3,1	3,6	4,1	1,7	0,8	-	-	-	-
Demais*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Retorno (Mil R\$)	41,62	37,55	33,48	29,41	25,35	21,28	17,21	13,14	9,07	5,00
Risco (Mil R\$)	84,42	49,17	38,55	27,94	24,38	21,43	18,47	15,52	12,57	9,63

* Abacaxi, banana, cana-de-açúcar, laranja, mandioca e pinha.

A Figura 1 apresenta a fronteira eficiente formada pelas combinações ótimas de risco x retorno, para os agricultores representativos do grupo A. Como pode ser constatado nessa figura, a substituição da opção inicial A pela combinação B, que preconiza os cultivos de maracujá e goiaba, acarreta grande redução dos riscos, sem implicar em queda expressiva no retorno. As combinações C e D também resultam em expressiva redução de risco, sem comprometer demasiadamente o retorno, e podem ser interessantes para agricultores com maior grau de aversão a risco.

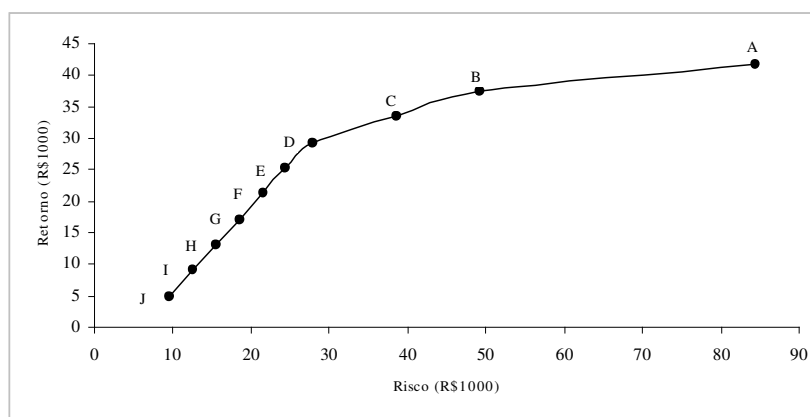


Figura 1 – Fronteira eficiente de produção para diferentes combinações de risco e retorno para agricultores representativos do Grupo A.

A otimização sob condições de risco, para agricultores representativos do grupo C, gerou os resultados exibidos na Tabela 9. Tal como observado em relação aos planos obtidos para o grupo A, a inclusão do cultivo de maracujá contribui para a redução dos riscos sem acarretar redução maior na margem bruta total. A produção de coco, introduzida conjuntamente com a produção de maracujá ou isoladamente, contribui para redução ainda maior dos riscos, porém sem gerar os mesmos retornos propiciados pelas demais combinações.

Tabela 9 – Combinação ótima de atividades para diferentes situações de risco e retorno para agricultores representativos do grupo C, com recursos de custeio do PRONAF.

Atividades	Combinações									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Coco	-	-	-	0,05	0,89	1,72	2,55	3,39	3,86	2,91
Goiaba	9,46	1,54	-	-	-	-	-	-	-	-
Maracujá	-	6,21	6,78	5,97	4,73	3,48	2,23	0,99	-	-
Demais*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Retorno (Mil R\$)	63,99	63,99	63,99	63,99	63,99	63,99	63,99	63,99	63,99	63,99
Risco (Mil R\$)	129,81	61,85	44,45	39,37	35,01	30,66	26,30	21,95	17,60	13,25

* Abacaxi, banana, cana-de-açúcar, laranja, mandioca, pinha.

A Figura 2 permite concluir que, para esse grupo, pode-se obter significativa redução dos riscos mediante a mudança da situação A, na qual se cultiva apenas goiaba, para o sistema B, composto de uma combinação dos cultivos de maracujá e goiaba. Essa mudança propiciaria redução de risco sem afetar em grande medida o retorno total do sistema.

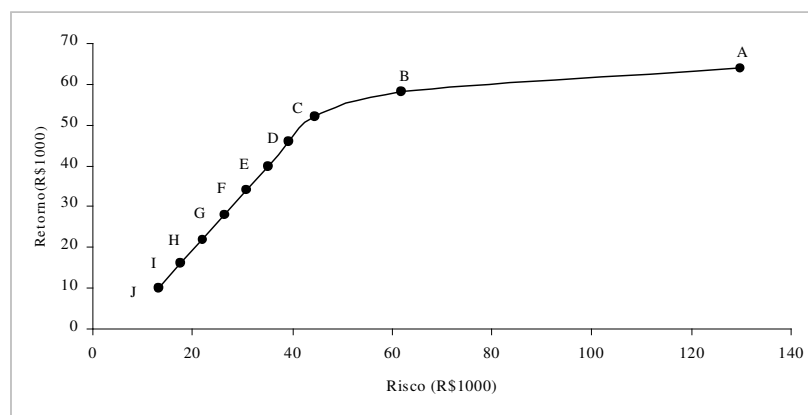


Figura 2 – Fronteira eficiente de produção para diferentes combinações de risco e retorno para agricultores representativos do Grupo C.

A mudança para o ponto C, no qual apenas o cultivo de maracujá é desenvolvido, também resultaria em redução dos riscos, sem acarretar, proporcionalmente, grande queda no retorno.

A partir desse ponto, entretanto, a abdicação de um mesmo montante de renda, em favor da redução de risco, tem efeitos bem menores.

Os resultados da otimização sob condições de risco, para agricultores do Grupo D, exibidos na Tabela 10, mostram uma situação semelhante à que foi verificada para os agricultores do grupo C. Também nesse caso, os riscos podem ser minorados pela combinação dos cultivos de maracujá e goiaba, ou, até certo ponto, pelo plantio do maracujá isoladamente.

Tabela 10 – Combinação ótima de atividades para diferentes situações de risco e retorno para agricultores representativos do grupo D, com recursos de custeio do PRONAF.

Atividades	Combinações									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Coco	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88	1,93	2,97	4,03	2,91
Goiaba	11,46	1,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Maracujá	0,00	7,76	8,16	7,18	6,20	4,73	3,17	1,61	0,00	0,00
Demais*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Retorno (Mil R\$)	77,52	70,02	62,51	55,01	47,51	40,01	32,51	25,00	17,50	10,00
Risco (Mil R\$)	157,24	72,26	53,45	47,03	40,62	35,02	29,58	24,13	18,36	13,25

*Abacaxi, banana, cana-de-açúcar, laranja, pinha.

Como pode ser observado na Figura 3, o plano de produção B, em substituição ao plano A, reduz à metade os riscos, sem afetar em grau elevado o retorno esperado. A opção pelo plano C também acarreta redução expressiva nos riscos, porém em medida bem menor do que obtida com a substituição anterior. A partir deste ponto, há pouca redução no grau de risco pela adoção de outras combinações.

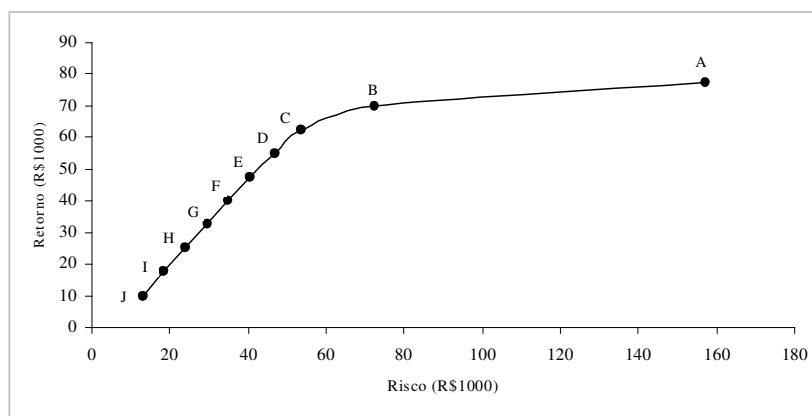


Figura 3 – Fronteira eficiente de produção para diferentes combinações de risco e retorno para agricultores representativos do Grupo D.

5. Resumo e conclusões

A pesquisa teve como objetivo propor, através do uso da programação linear, sistemas de produção agrícola capazes de otimizar os recursos de agricultores familiares das regiões Norte e Noroeste Fluminense, e proporcionar-lhes aumento de renda. Foram estudados alguns casos de agricultores pertencentes aos grupos A, C e D do PRONAF, dos quais foram obtidas as informações sobre dotação dos recursos, bem como sobre custos e margens brutas, necessárias à programação.

Os resultados do modelo, sem a consideração dos riscos envolvidos nas atividades, apontaram o cultivo da goiaba como a melhor opção para otimização dos recursos e geração de renda. Essa solução possibilitaria a utilização integral dos recursos de custeio, bem como da mão-de-obra disponível. Com esse cultivo haveria, inclusive, contratação de mão-de-obra, principalmente para agricultores dos grupos C e D, o que tem sido uma realidade para esses agricultores, como observado nas entrevistas. Entretanto, os recursos financeiros existentes não foram suficientes para utilizar integralmente a terra disponível, na solução obtida.

Quando adicionado aos recursos próprios dos agricultores, o financiamento concedido pelo PRONAF contribuiu para elevar o uso da terra, aumentar o retorno das atividades e para a contratação de trabalhadores adicionais. Esses impactos foram menores para os agricultores do grupo C, visto que esses agricultores têm maior volume de recursos financeiros próprios, mas seu limite de financiamento de custeio é igual ao valor previsto para agricultores do grupo A. Por essa razão, o incremento do volume de recursos financeiros à disposição dos agricultores, propiciado pelo financiamento, foi relativamente maior nos grupos A e D do que no grupo C.

Numa segunda etapa, foram considerados os riscos de redução das margens brutas, decorrentes de queda nos preços dos produtos, com o uso do modelo MOTAD. Os resultados evidenciaram que a solução inicial, que previa a especialização dos agricultores no cultivo da goiaba, representava alto risco. Constatou-se que soluções alternativas, envolvendo o cultivo simultâneo de maracujá e goiaba, principalmente, possibilitaria a obtenção de margens brutas não muito menores do que as obtidas com a solução inicial, porém com um grau de risco muito inferior. Observou-se, ainda, que o cultivo de coco também se apresenta como uma opção para a redução dos riscos, embora tenha, para a margem bruta total, contribuição menor do que as outras culturas citadas.

Uma das limitações da pesquisa refere-se à não consideração das diferenças, entre as culturas, relativas a vida útil e nível de investimentos, que se refletiriam nos custos fixos de cada atividade. Ao se empregar o conceito de custo operacional, a combinação ótima de atividades, isto é, aquela que propicia a maior margem bruta, não significa, necessariamente, a combinação que propicia maior lucro, que seria a mais desejável. Porém, quanto maior a margem bruta, maior é a capacidade dos agricultores de saldar seus compromissos financeiros assumidos na obtenção de recursos de custeio com o PRONAF. Além disso, maiores margens brutas representam maior possibilidade de maximização do lucro, visto que margens brutas positivas e elevadas representam o saldo remanescente, depois de pagos todos os custos operacionais, que será usado para remunerar os demais custos de produção não incluídos na análise.

Finalizando, há que se mencionar que a pesquisa se baseou em levantamentos junto aos agricultores para obtenção dos coeficientes técnicos e das restrições do modelo de programação. Como não dispõem de um sistema de registro das receitas e despesas das

atividades, essas informações podem divergir da realidade. Uma superestimativa dos recursos financeiros próprios para custeio da safra, por exemplo, tenderia a subestimar os efeitos do PRONAF, e vice-versa. De todo o modo, a pesquisa evidenciou a importância do financiamento de custeio fornecido pelo PRONAF, e sua potencial contribuição para a melhor utilização dos recursos, para o aumento da renda e para a geração de empregos.

Referências Bibliográficas

- (1) Araújo, L.A. (1997). Fronteira de eficiência econômica sob condições de risco: uma análise da convergência econômica entre empresas do sul de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- (2) Azevedo Filho, A.J.B.V. & Peres, F.C. (1984). Competitividade da cultura da soja em uma empresa da região de Campinas, SP. In: *Planejamento da propriedade agrícola: modelos de decisão* [edited by E. Contini; J.D. Araújo; A.J. Oliveira & W.E. Garrido], EMBRAPA/DDT, 289-300.
- (3) Balverde, N.R.M. (1997). Avaliação econômica de sistemas intensivos na pecuária uruguaia em condições de risco: um estudo de caso. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- (4) Brasil. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Secretaria da Agricultura Familiar. Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar. Disponível em: <http://www.PRONAF.gov.br>. Acesso em janeiro de 2006.
- (5) Centrais de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em <http://www.ceasa.rj.gov.br>. Acesso em novembro de 2005.
- (6) Fasiaben, M.C.R.; Bacchi, M.R.P. & Peres, F.C. (2003). Fronteira de eficiência econômica em condições de risco: estudos de caso de sistemas de produção familiar da região Centro-Sul do Paraná. *Agricultura em São Paulo*, **50**, 93-107.
- (7) Fundação Getúlio Vargas. *FGVDADOS*. Disponível em: <http://fgvdados.fgv.br/index.htm>. Acesso em novembro de 2005.
- (8) Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1998). *Censo Agropecuário, 1995/96*. FIBGE, Rio de Janeiro.
- (9) Guanziroli, C.; Romeiro, A.; Buainain, A.; Di Sabatto, A. & Bittencourt, G. (2001). *Agricultura Familiar e Reforma Agrária no Século XXI*. Garamond, Rio de Janeiro.
- (10) Hadley, G. (1962). *Linear programming*. Addison-Wesley, London.
- (11) Hazell, P.B.R. (1971). A Linear alternative to quadratic and semivariance programming for farm planning under uncertainty. *American Journal of Agricultural Economics*, **53**, 53-62.
- (12) Horiuchi, K.; Sugai, Y. & Dante, D.G.S. (1982). Programação de múltiplos objetivos (PMO) e suas aplicações à administração rural. *Revista de Economia Rural*, **20**, 213-226.
- (13) Kageyama, A.A. & Graziano da Silva, J. (1983). Os resultados da modernização agrícola dos anos 70. *Estudos Econômicos*, **13**, 537-559.

- (14) Lima, M.A.A.; Pereira, N.A.; Araújo Filho, T. & Ferreiras, J.C.S. (1984). Implicações do cronograma do lote de frango de corte sobre a rentabilidade das granjas de engorda. *Revista de Economia Rural*, **22**, 297-326.
- (15) Lira, F.J. (1987). O risco e a pequena produção de fumo no Estado de Alagoas. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.
- (16) Matsunaga, M.; Bemelmans, P.F.; Toledo, P.E.N.; Dulley, R.D.; Okawa, H. & Pedroso, I.A. (1976). Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. *Agricultura em São Paulo*, **23**, 123-139.
- (17) Oliveira, S.J.M.; Vieira, G.; Reis, R.P. & Vieira, A. (1995). Subsídios ao processo de decisão de uma empresa agrícola na região do Triângulo e Alto Paranaíba, estado de Minas Gerais. *Agricultura em São Paulo*, **42**, 13-26.
- (18) Picinatto, A.G.; Campos A.A.; Bittencourt, G.A. & Bianchini, V. (2000). *Cartilha do Pronaf – crédito*. Departamento de Estudos Sócio-Econômicos Rurais – DESER, Curitiba-PR.
- (19) Silva, J.G. (1999). Tecnologia e Campesinato. **In:** *Tecnologia e agricultura familiar* [edited by J.G. Silva], UFRS, 37-174.