

MODELO PARA PLANEJAMENTO DE PRODUÇÃO DE GRÃOS EM FAZENDA FAMILIAR – CENÁRIOS SÓCIO-ECONÔMICOS E FINANCEIROS

Maria A. Biagio *

Elisete N. Abe

Osiris Turnes

Departamento de Estatística

Fundação Universidade de Brasília (UnB)

Brasília – DF – Brasil

mamelia@unb.br

naomi@unb.br

osiris@unb.br

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

Recebido em 01/2005; aceito em 08/2007 após 1 revisão

Received January 2005; accepted August 2007 after one revision

Resumo

Com abordagem predominantemente financeira, alguns estudos realizados na última década propõem políticas para planejamento de produção de grãos em sistema de fazenda situado na planície de Paracatu, MG. Baseando-se nos aspectos agro-técnicos destes estudos, e levando-se em consideração a periodicidade mensal dos gastos e a existência de créditos de longo prazo para o setor, este trabalho define e expressa o problema de planejamento de produção agrícola como um modelo de programação linear inteiro-misto, onde tratamento dinâmico mensal é dado às atividades de produção e financeiras ao longo de um horizonte de dez anos e cinco meses. O modelo é aplicado a duas situações distintas, obtidas através da utilização de planos de créditos de longo e curto prazos para o setor agrícola no Brasil. Resultados e análise sobre a viabilidade sócio-econômica financeira deste sistema são apresentados.

Palavras-chave: modelo de fazenda; planejamento de produção agrícola; programação linear.

Abstract

During the last ten years, some studies with financial emphasis have proposed technical plan policies for a crop production farm system located on Paracatu-MG. Based on agro-technical aspects of those studies and considering financial aspects like: monthly expenses and long-term investments, the present article represents those production systems by means of a mixed integer dynamic linear mathematical programming model where monthly dynamic treatment and a planning horizon of ten years and five months are stated for production and financial activities. Considering recent government financial policies for farmers, the model is applied to two distinct situations derived from the use of short and long term loans for Brazilian agricultural sector. Scored results and an analysis on social-economic and financial feasibility of the system are also drawn.

Keywords: farm system model; agricultural production planning; linear programming.

1. Introdução

A prática de modelagem matemática tem comprovado que a representação de um sistema qualquer é tanto mais complexa quanto maior for sua fidelidade à realidade do funcionamento do mesmo. Como destaca Dent (1990), uma representação mais completa de um sistema de fazenda deveria incluir, conjuntamente, aspectos biológicos, sócio-econômicos e financeiros; porém, a falta de trabalhos que incluam essas abordagens deve-se não apenas à complexidade existente da representação da relação entre estes fatores, mas também pelo fato de que, em geral, interesses estão voltados ao aspecto lucrativo e não social do sistema.

Não obstante, problemas de planejamento de fazendas têm sido extensivamente estudados e grande progresso tem sido feito na representação de aspectos biológicos e econômicos de sistemas produtivos, tais como crescimento salutar e controlado do animal, de plantas e pastagens. Com este enfoque encontra-se o trabalho de Rodrigues (1995). Neste trabalho, o autor representa um sistema produtivo de leite como um modelo de programação linear dinâmica para descrever o inter-relacionamento entre seus diversos componentes, tais como estágios de lactação e crescimento vegetativo, capacidade de ingestão de alimentos, manejo de pastagens e variação sazonal de preços, ao longo de um ano, tendo como objetivo a maximização da rentabilidade do sistema.

Vários são os trabalhos que se ocupam do aspecto da produção mista de leite e grãos – estes relacionados à manutenção da atividade leiteira; dentre eles, Dent & Anderson (1971), Dalton (1982), Bogahawarte (1984). Especificamente sobre sistemas de fazendas no Brasil, encontram-se os estudos de Affholder *et al.* (1998), Herrero *et al.* (1997) e Vicente *et al.* (1999). Em seu trabalho, Affholder *et al.* (1998) analisam *ex-ante* o impacto da inovação tecnológica em dois pequenos sistemas de fazenda, um situado no México e outro no cerrado brasileiro, ressaltando as diferenças entre decisões tomadas pelos fazendeiros devido às diferentes características econômicas e climáticas das regiões e, portanto, diferentes situações de riscos. O modelo utilizado no citado estudo inclui observações mensais de trabalho, terra, monitoramento do desenvolvimento e produção dos animais, e financeira, em horizonte anual de planejamento. Herrero *et al.* (1997) propõem modelo de programação linear multicritério para representar sistemas que combinam pastagens com produção de leite em fazendas da Costa Rica. Sendo um país com poucas variações climáticas, que não afetam a qualidade das pastagens, e as quotas de leite operadas sobre bases diárias de produção, o modelo foi desenvolvido para horizonte de planejamento diário. Vicente *et al.* (1999) apresentam modelo que trata um conjunto de pequenas propriedades, como um sistema auto-sustentável, onde as diversas atividades produtivas se interagem; por exemplo, pastagens, bovinocultura de leite, sericultura, cultivo de soja e criação de aves poedeiras.

Com abordagem econômica-financeira sobre atividades agropecuárias na região do cerrado brasileiro, encontram-se os trabalhos de Veloso (1990) e Veloso *et al.* (1994). Em sua tese de doutorado, Veloso (1990) apresenta um estudo *ex-ante* de planejamento de produção de grãos em sistema de fazenda, situado na planície de Paracatu, MG, onde considera técnicas de correção de solos, rotação de cultivos, aspectos econômicos tais como créditos de custeio e investimentos. Trata-se, portanto, de uma fazenda que adota a técnica de plantio convencional e que não utiliza a técnica do plantio direto. Em seu aspecto econômico, o modelo é caracterizado por uma visão de longo prazo do sistema produtivo, e supõe, a priori, que o produtor tem acesso a três sistemas de créditos, hipotéticos e simultâneos, de longo prazo e que possui recursos iniciais próprios. Apenas um elemento da família trabalha na terra e em atividades administrativas, contratando mão-de-obra sazonal nos meses de

atividades agrícolas mais intensas. Balanços de caixa são realizados mensalmente até o quarto ano agrícola, passando a balanços anuais até o final do horizonte. Este trabalho caracteriza um sistema para o médio agricultor, que deve possuir reserva monetária e aspirações altas, visto que não considera a participação de outros elementos da família em atividades produtivas da fazenda e a maximização de aquisição de bens integra seu objetivo. Este mesmo sistema de planejamento é utilizado por Veloso *et al.* (1994), onde os autores apresentam resultados de um estudo orientado para a elaboração de um método de planejamento que permite uma análise *ex-ante* de um projeto de desenvolvimento agrícola na região dos cerrados.

Utilizando a mesma base de dados agro-técnicos do trabalho de Veloso (1990), Biagio *et al.* (2002) expressam, sob o ponto de vista da programação matemática, modelo que representa aquele sistema de produção agrícola para o produtor que dispõe de 100 ha de terras. Neste trabalho, os autores apresentam o problema de planejamento de produção agrícola como um modelo de programação linear inteiro-misto, onde tratamento dinâmico mensal é dado às atividades de produção e financeiras ao longo de um horizonte de dez anos e cinco meses, tendo em vista a periodicidade de gastos e créditos existentes mês a mês e a necessidade de um horizonte de longo prazo que viabilize o pagamento dos créditos realizados. Não sendo necessariamente proprietário das terras, aquisição de bens, tais como sistemas de irrigação e maquinários, não integram o objetivo do agricultor que é o de maximizar as sobras mensais do balanço de caixa e minimizar a utilização de seu cartão de crédito.

Com o objetivo de melhor retratar a realidade brasileira, extensões deste último modelo são aqui apresentadas considerando-se planos de créditos de longo e curto prazos, com políticas de financiamentos distintas, existentes para o setor agrícola em 2002, e a participação de um número maior de elementos da família em atividades sazonais de plantio e colheita. A viabilidade da produção de grãos como um negócio é abordada em função das condições financeiras do agricultor, incluindo recursos iniciais próprios e retirada mensal para o sustento da família, e da necessidade de mão-de-obra familiar no campo. São apresentados e analisados oito cenários.

O presente trabalho é organizado da seguinte forma: as seções 2 e 3 descrevem os pressupostos de produção e financeiros adotados para uma fazenda familiar como um negócio, a seção 4 destaca o carácter linear de algumas inequações da representação do problema de planejamento de produção de grãos, e a seção 5 apresenta os resultados obtidos. Discussão e conclusões sobre o modelo e resultados alcançados são apresentados nas seções 6 e 7, respectivamente.

2. Pressupostos do Sistema de Produção

Os pressupostos adotados neste trabalho tomam como referência uma fazenda localizada no Distrito de Paracatu, estado de Minas Gerais. Nesta região três tipos de solos são identificados: o latossolo vermelho amarelo (LVA), o latossolo vermelho (LV) e o latossolo hidromorfo (LHI), que representam 20%, 60% e 20%, respectivamente, da área da planície. Solos LHI são cobertos por vegetação mais pobre, e solos LV por vegetação mais rica do cerrado (Veloso, 1990).

O ano agrícola compreende o período que vai de 1º de maio a 30 de abril do ano seguinte. Duas estações de produção estão incluídas neste período: a estação da seca, que se estende de 1º de maio até o final do mês de setembro, e a estação das chuvas, que começa em 1º de

outubro e perdura até o final do mês de abril do ano seguinte. A fazenda é constituída por 100 hectares de área cultiváveis, cujos solos são diferenciados não somente pelo tipo, mas também pelo recebimento ou não de irrigação e o período em que estão sendo explorados.

Cultivos de grãos são praticados em função dos tipos de solos existentes: arroz, milho e soja são cultivados em solos do tipo LVA e LV não irrigados na estação das chuvas, e trigo e soja são cultivados em sistema de rotação nas estações de seca e chuva, respectivamente, em solos do tipo LV e LHI irrigados. Restrições sobre rotações de cultivos agrícolas são impostas visando melhor manejo dos solos e definem a seqüência de grãos a serem cultivados no ano agrícola. Dessa forma, o cultivo de um cereal é seguido pelo cultivo de soja e áreas já cultivadas devem ser reutilizadas integralmente no ano agrícola seguinte.

Mensalmente, as atividades de trabalho na fazenda são determinadas por sua produção agrícola. Plantio de arroz, milho e soja deve ser realizado nos meses de outubro e novembro, e colheita nos meses de janeiro, março e abril. Plantio de trigo deve ser realizado no mês de maio e colheita no mês de setembro. A preparação da terra para um novo plantio dá-se nos meses de maio e outubro – nestes, contratação de aluguel de tratores e/ou colheitadeiras podem ser realizadas.

Apenas um elemento da família dedica tempo integral às atividades de produção da fazenda, tais como trabalho na terra, plantio, colheita, e administrativa, que é estimado em duzentas horas mensais; outras duzentas horas mensais de trabalho familiar são disponibilizadas nos meses de plantio e colheita de arroz, milho e soja. Contratação de mão-de-obra sazonal pode ser necessária nestes meses de plantio e colheita intensos.

3. Pressupostos Financeiros

Contando com uma área de 100 hectares, o produtor apresenta renda média bruta anual necessária para a obtenção de financiamentos específicos, a qual é obtida através da produção de grãos – esta totalmente vendida a uma cooperativa agrícola, e de onde 2,5% são retidos pelo FUNRURAL.

Supõe-se que três planos de financiamentos de longo prazo, e um de curto prazo, podem ser efetuados simultaneamente pelo agricultor que não possui dívidas. Com base na política de financiamento existente para o setor em 2002, o modelo considera, separadamente, dois “pacotes” de planos de créditos de longo prazo distintos: O pacote P1 que é integrado pelos Planos PRONAF - D, PRONAF Agregar e PROGER Rural Tradicional, e o pacote P2 que é formado pelos Planos MODEFROTA, PROGER Rural e PROSOLO. As condições impostas por estes planos são descritas nas subseções 3.1 e 3.2, abaixo.

O plano de crédito de curto prazo, que integra os pacotes P1 e/ou P2, é relativo a custos sobre atividades de cultivo e/ou colheita, e é disponibilizado em alguns meses do ano agrícola. O valor do crédito é calculado sobre o tamanho da área ocupada e do plantio efetuado, podendo financiar gastos com manutenção de máquinas e custos diretos de insumos para cultivos de grãos.

Considera-se também a possibilidade do agricultor utilizar recursos próprios para compra de máquinas agrícolas e/ou cartão de crédito (CC) pessoal para o fechamento do caixa mensal com juros de 8,3% ao mês.

3.1 Pacote P1: Planos PRONAF e PROGER Tradicional

Nesta abordagem os planos de financiamentos de longo prazo de interesse, vigentes em 2002, são: PRONAF – D (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar) e PRONAF – Agregar. O primeiro é destinado a trabalhadores rurais e agricultores familiares que desejem implantar, ampliar e modernizar a infra-estrutura de sua produção e serviços de acordo com projetos específicos; o segundo possibilita ampliar a renda familiar, desenvolver a propriedade rural, fortalecer a agricultura familiar e abrir novas oportunidades de emprego e de renda no meio rural. Essa linha de crédito permite investir em infra-estrutura para processar e comercializar a produção agropecuária e/ou seus produtos artesanais.

O terceiro plano do pacote, Proger com TJLP (Taxa de Juros de Longo Prazo) (PROGER Rural Tradicional – Programa de Geração de Emprego e Renda Rural), oferece crédito fixo para custeio agrícola e pecuário, para investimento em máquinas agrícolas, equipamentos e bens de produção associados, novos ou usados.

Os planos PRONAF cobram juros anuais de 4%, cujo valor financiável é de no máximo R\$ 17.250,00 cada (15% a mais do valor financiado pelo Governo Federal). O plano PROGER cobra, além dos juros anuais de 8,75%, TJLP (Taxa de Juros de longo Prazo) de 10,5% a.a.. Todos eles financiam custos de atividades de produção em geral, compra de sistema de irrigação e máquinas agrícolas, com prazos para saldar suas dívidas supostamente prorrogáveis até dez anos e cinco meses. A dívida contraída através da efetivação de um dos créditos considerados passa, imediatamente, a ser atualizada mensalmente. Os planos de crédito de longo prazo prevêem período de carência de até quatro anos, durante os quais pagamentos sobre a dívida contraída são amenizados.

O plano de financiamento de curto prazo considerado no pacote P1 não possui limite de saques, porém cobra juros anuais de 15,25%, que devem ser pagos no mês de julho do ano seguinte. Os juros definidos para os planos PROGER, com TJLP, e o de curto prazo devem atuar como fator de penalidade pela utilização de crédito, dado que, na prática, o usuário do PRONAF não pode ter acesso a outro plano de financiamento sem antes quitar sua dívida.

3.2 Pacote P2: Planos MODEFROTA, PROSOLO e PROGER Rural

Diferentemente dos planos considerados no pacote anterior, os planos de financiamentos MODEFROTA (Programa de Modernização da Frota de Tratores Agrícolas e Implementos Associados e Colhedeiras), PROSOLO (Programa de Incentivo ao Uso de Corretivos de Solos) e PROGER Rural (Programa de Geração de Emprego e Renda Rural), subsidiam atividades distintas. O primeiro subsidia a compra de máquinas em geral, o segundo subsidia custos com insumos com teto de R\$ 80.000,00, e o terceiro soma ao subsídio do anterior compras de sistemas de irrigação e possui teto de R\$ 30.000,00, todos a 8,75% de juros anuais. Tal como os planos de P1, descrito na subseção anterior, estes planos também prevêem período de carência de até quatro anos, durante os quais pagamentos sobre a dívida contraída são amenizados, e o prazo para saldar suas dívidas são supostamente prorrogáveis até dez anos e cinco meses, horizonte de planejamento considerado pelo modelo.

Junto a este conjunto de planos, é possível utilizar um quarto plano de curto prazo, FCO – Capital de Giro e Custeio, com limites de saques de R\$ 50 mil a cada dois anos e pagamentos anuais da dívida com 8,75% de juros para o pequeno/médio produtor. Este último considera descontos de adimplência de 15% sobre os juros da parcela a ser paga, e tem por finalidade dar apoio financeiro para capital de giro e custeio.

4. O Modelo Matemático

O modelo matemático estudado, testado e analisado neste trabalho, segue princípios básicos de problemas de planejamento de produção agrícola, como os descritos em Dent (1990). Mensalmente, o problema de produção possui estrutura estática e linear, e apresenta restrições sobre disponibilidade e demanda de terras, maquinários, mão-de-obra e financeiras, estas relacionadas à renda bruta, gastos em geral, créditos e débitos realizados. Como citado na seção 2, as atividades de trabalho na fazenda são determinadas por sua produção agrícola, o plantio de arroz, milho e soja deve ser realizado nos meses de outubro e novembro, com colheita nos meses de janeiro, março e abril, e o plantio de trigo deve ser realizado no mês de maio, com colheita no mês de setembro. Assim, as atividades descritas através das restrições, abaixo definidas, devem seguir o calendário de cultivos adotado pelo modelo.

Uma vez que a produção de grãos é considerada um negócio, o agricultor deve efetuar balanços de caixa mensais ao longo do período de interesse, pois as atividades, gastos e investimentos se diferenciam a cada mês. Neste balanço (ver subseção 4.2.1) é assegurada uma quantia mínima para a sobrevivência da família e o resultado contábil daquele mês, positivo ou negativo, é transferido para o mês seguinte com atualização de seu valor em 1%. Assim, o problema de planejamento assume estrutura dinâmica com períodos mensais, o que possibilita, ao produtor, o controle mensal sobre as atividades de seu negócio.

A necessidade de se trabalhar com variáveis inteiras, tais como número de empregados fixos contratados e número de tratores e/ou colhedoras adquiridos, atribui ao problema natureza combinatorial. Sendo o objetivo do produtor maximizar as sobras mensais dos balanços de caixa, e minimizar a utilização do cartão de crédito pessoal, sua representação matemática é também linear.

A matriz de restrições do problema possui estrutura em escada com restrições de acoplamento relativas aos limites impostos pelos planos de financiamentos, que podem ser de longo e curto prazos. Representação da matriz encontra-se na figura abaixo, onde AC representa o conjunto de restrições de acoplamento e A_i , $i = 1, \dots, 11$ representa o i -ésimo ano agrícola, que se estende de maio a abril, e é composto por doze períodos (meses) que se diferenciam através das atividades mensais que neles devem ser desenvolvidas.

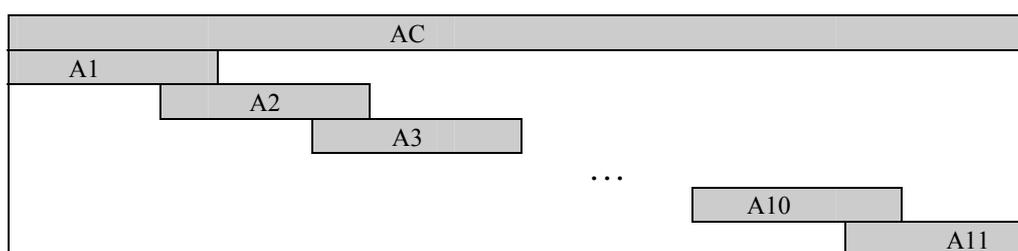


Figura 1 – Representação da estrutura da matriz de restrições do problema de planejamento de produção de grãos.

Descrição da formulação matemática do problema, para os anos agrícolas A_i , $i=2, \dots, 10$, e para as restrições de acoplamento, AC, e função objetivo, são dadas nas subseções que se seguem. Os anos A1 e A11 sofrem pequenas mudanças, como descrito no final desta seção.

4.1 Limitações Físicas

Como mencionado na seção 2, a área disponibilizada para plantio, de 100 ha, é diferenciada por três tipos distintos de solos nela existentes: LVA, LV e LHI. Sistemas de irrigação podem ser implantados nos dois últimos para receberem cultivo de trigo na época da seca, em rotação com soja na época das chuvas; solos LVA e LV não irrigados são cultivados com arroz, milho e/ou soja na época das chuvas. Assim, os solos são diferenciados em seis categorias: LVA (tipo 1), LV não irrigado (tipo 2), LV irrigado (nas chuvas – tipo 3, na seca – tipo 5), LHI irrigado (nas chuvas – tipo 4, na seca – tipo 6).

Esta diferenciação entre solos, no modelo matemático, possibilita considerar diferentes coeficientes de produção (restrições (1)), custos de investimentos em preparação de solos, e representar, com fidelidade, as políticas de rotação de grãos, qual seja,

$$\sum_{i=1}^3 R(i)_t + \sum_{i=1}^3 M(i)_t = \sum_{i=1}^3 S(i)_{t+1} \quad \text{para } t = 0, 2, 4, 6, 8, 10, \quad \sum_{i=1}^3 R(i)_{t+1} + \sum_{i=1}^3 M(i)_{t+1} = \sum_{i=1}^3 S(i)_t,$$

$$t = 1, 3, 5, 7, 9, \quad \text{e } \sum_{i=5}^6 S(i)_t = \sum_{i=5}^6 W(i)_t, \quad \text{para qualquer } t, \text{ onde } R(i)_t, M(i)_t, S(i)_t, W(i)_t, \text{ são}$$

variáveis relativas à área cultivada, em hectares, com arroz, milho, soja e trigo, respectivamente, no solo i , $i = 1, 2, 3, 5$ e/ou 6, no ano t .

As fontes e metodologias de obtenção dos coeficientes relacionados às inequações (1) - (7), abaixo, encontram-se descritas no trabalho de Veloso (1990). Levando-se em consideração o lapso de tempo decorrido entre a publicação da tese de doutorado de Veloso (1990) e o presente artigo, os dados foram incorporados ao modelo após verificação da atualidade de seus valores. Dados relativos aos custos de mão-de-obra fixa e sazonal foram adotados levando-se em conta o salário mínimo em 2002.

Coefficientes sobre a produtividade dos tipos de solos, para os diferentes grãos, foram obtidos por meio de simulações de modelos de produção de grãos IBSNAT – International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer, e distribuições de dados experimentais da Embrapa/Cerrados. Os coeficientes de produtividade assim obtidos permitem representar de forma determinística e linear, a produção anual da área cultivada, ao longo do período considerado. As inequações abaixo representam estimativa da produção anual de grãos ($Prod_t$), em sacas:

$$\sum_{i=1}^3 Pr_i R(i)_t + \sum_{i=1}^3 Pm_i M(i)_t + \sum_{i=1}^5 Ps_i S(i)_t + \sum_{i=5}^6 Pw_i W(i)_t \leq Prod_t \quad (1)$$

onde $R(i)_t, M(i)_t, S(i)_t, W(i)_t$, representam, como acima descrito, variáveis decisórias sobre área cultivada, em hectares, e os coeficientes Pr_i, Pm_i, Ps_i, Pw_i as quantidades de sacas produzidas por hectare cultivado com arroz, milho, soja e trigo, respectivamente, no solo i , $i = 1, 2, 3, 5$ e/ou 6, no ano t .

Dois tipos de contratos de mão-de-obra para operacionalização de máquinas agrícolas são considerados: o fixo, relativo ao manuseio de maquinários próprios e o realizado por terceiros, quando os equipamentos são alugados. Cada trator e/ou colhedeira alugada corresponde a 200 horas de trabalho mensal. As inequações (2) e (2.1) garantem, de forma geral, que o tempo de máquina necessário para cada tipo de cultivo é atendido e seguem recomendações técnicas de plantio. Dessa forma,

$$\begin{aligned}
 &Hewr_m \sum_{i=1}^3 R(i)_t + Hewm_m \sum_{i=1}^3 M(i)_t + Hews_m \sum_{i=1}^5 S(i)_t + Heww_m \sum_{i=5}^6 W(i)_t \leq \\
 &\leq (Hew_m)EWI + HT_{t,m}, \quad t \geq 1 \quad m \neq 6, 12, 2
 \end{aligned} \tag{2}$$

onde $R(i)_t$, $S(i)_t$, $M(i)_t$, $W(i)_t$, são definidas em (1) e os coeficientes $Hewr_m$, $Hews_m$, $Hewm_m$, $Heww_m$ são horas mensais de tratorista necessárias, por hectare, para o cultivo de arroz, soja, milho e trigo, respectivamente, no mês m . Tem-se EWI variável relativa ao número de tratoristas – trabalhadores fixos contratados no caso de aquisição de máquina própria, $HT_{t,m}$ variável relativa às horas de trator alugadas no ano t , mês m , e Hew_m horas mensais disponíveis por tratorista fixo – coeficiente, considerada como 200 horas. Seguindo o calendário agrícola, tem-se que, para qualquer t , $Hewr_m = 0$ para $m=5,7,8,11,01$, $Hews_m = 0$ para $m=5,7,8,03$, $Hewm_m = 0$ para $m=7,8,11,01,03,04$, e $Heww_m = 0$ para $m=9,10,11,01,03,04$.

Horas necessárias de colhedoiras nos meses de maio, setembro, março e abril, para cada ano, são estabelecidas através de restrições semelhantes a (2), onde diferentes coeficientes (horas necessárias por hectare) devem ser considerados. Assim,

$$\begin{aligned}
 &Hhr_m \sum_{i=1}^3 R(i)_t + Hhm_m \sum_{i=1}^3 M(i)_t + Hhs_m \sum_{i=1}^5 S(i)_t + Hhw_m \sum_{i=5}^6 W(i)_t \leq \\
 &\leq (Hh_m)EWI + HC_{t,m}, \quad t \geq 1 \quad m = 5, 9, 3, 4
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

onde os coeficientes Hhr_m , Hhs_m , Hhm_m , Hhw_m são horas mensais de tratorista necessárias, por hectare, para o cultivo de arroz, soja, milho e trigo, respectivamente, no mês m . Tem-se EWI como em (2), $HC_{t,m}$ variável relativa às horas de colhedoiras alugadas no ano t , mês m , e Hh_m horas mensais disponíveis por tratorista fixo, também considerada como 200. Seguindo o calendário agrícola, tem-se que, para qualquer t , $Hhr_m = 0$ para $m=5,9,4$, $Hhs_m = 0$ para $m=5,9,3$, $Hhm_m = 0$ para $m=9,3,4$, e $Hhw_m = 0$ para $m=5,3,4$.

Pressupõe-se que apenas um elemento da família trabalha em período integral na fazenda e dispõe de 200 horas mensais – inequações (3). Nos meses de junho, dezembro, janeiro e fevereiro o trabalho desse elemento da família concentra-se em atividades gerenciais. Assim, tem-se:

$$\begin{aligned}
 &Hfr_m \sum_{i=1}^3 R(i)_t + Hfm_m \sum_{i=1}^3 M(i)_{t-1} + Hfm_m \sum_{i=1}^3 M(i)_t + Hfs_m \sum_{i=1}^5 S(i)_t + \\
 &+ Hfw_m \sum_{i=5}^6 W(i)_t + MAN_{t,m} \leq HF_m \quad t \geq 1 \quad \text{e qualquer } m
 \end{aligned} \tag{3}$$

onde $M(i)_{t-1} = 0$ para $t = 1$, HF_m é variável relativa às horas de trabalho familiar necessárias no mês m , e $MAN_{t,m}$ é variável relativa às horas gastas em atividades gerenciais no ano t , mês m . Os coeficientes Hfr_m , Hfm_m , Hfs_m , Hfw_m representam horas de trabalho familiar, por hectare, nas atividades de plantio e colheita de arroz, milho, soja e trigo no mês m , lembrando-se que a colheita do milho é realizada no mês de maio do ano agrícola seguinte. Seguindo o calendário agrícola, tem-se que, para qualquer t , $Hfr_m = 0$ para $m \neq 10,03$, $Hfs_m = 0$ para $m \neq 11,04$, $Hfm_m = 0$ para $m \neq 5,10$, e $Hfw_m = 0$ para $m \neq 5,7,8,9$.

Analogamente, restrições sobre demanda de mão-de-obra sazonal (4) são consideradas nos meses de maior atividade agrícola: outubro, novembro, janeiro, março e abril. Nestas, outras

200 horas mensais de trabalho familiar, $SF_{t,m}$, são disponibilizadas, significando que o agricultor pode contar com o trabalho de outros elementos da família e contratar, quando necessário, mão-de-obra adicional – esta última abundante.

$$\begin{aligned}
 &Hsr_m \sum_{i=1}^3 R(i)_t + Hsm_m \sum_{i=1}^3 M(i)_{t-1} + Hsm_m \sum_{i=1}^3 M(i)_t + Hss_m \sum_{i=1}^5 S(i)_t + \\
 &+ Hsw_m \sum_{i=5}^6 W(i)_t \leq SL_{t,m} + Hfa_{t,m} \quad t \geq 1 \quad e \quad m = 5, 10, 11, 01, 03, 04
 \end{aligned} \tag{4}$$

onde $M(i)_{t-1} = 0$ para $t = 1$, $SL_{t,m}$ e $Hfa_{t,m}$ são variáveis relativas às horas de trabalho contratado e familiar, respectivamente, necessárias no ano t e mês m . Não se contrata mão-de-obra para o cultivo do trigo, ou seja, $SL_{t,m} = 0$ para $m = 7, 8, 9$. Os coeficientes Hsr_m , Hsm_m , Hss_m , Hsw_m representam horas de trabalho necessárias, por hectare, nas atividades de plantio e colheita de arroz, milho, soja e trigo no mês m . Seguindo o calendário agrícola, tem-se que, para qualquer t , $Hsr_m = 0$ para $m = 5, 11, 04$, $Hss_m = 0$ para $m = 5, 10, 03$, $Hsm_m = 0$ para $m = 03, 04$, e $Hsw_m = 0$ para $m = 5, 10, 11, 01, 03, 04$.

4.2 Condições Financeiras e de Investimentos

Balancos de caixa são realizados mensalmente, os quais devem considerar custos demandados, renda obtida através da produção da fazenda e dívidas contraídas. O modelo considera diferentes tipos de custos: os relativos à utilização de máquinas, custos diretos com insumos, contratações de mão-de-obra fixa e sazonal, e de investimentos, que são descritos a seguir.

Custos referentes à utilização de máquinas nas atividades dos cultivos, e custos diretos de insumos, diferenciam-se dependendo das atividades desenvolvidas no mês de referência e são representados no modelo através das inequações (5) e (6), respectivamente. Assim, tem-se

$$Kst \cdot ST_{t,m} + Kht \cdot HT_{t,m} + Khr \cdot HR_{t,m} + Khh \cdot HH_{t,m} \leq MVC_{t,m}, \quad m \neq 6, 12, 02 \tag{5}$$

onde, $MVC_{t,m}$ é o custo total mensal sobre utilização de máquinas, $ST_{t,m}$, $HT_{t,m}$, são variáveis relativas às horas necessárias de trator próprio e alugado, $HH_{t,m}$, $HR_{t,m}$ são variáveis relativas às horas necessárias de colhedeira alugada e própria, respectivamente, no ano t , mês m , e os coeficientes Kst , Kht são custos por hora de utilização de trator próprio e alugado, e Khr , Khh , custos por hora de utilização de colhedeira alugada e própria, respectivamente. O calendário de utilização das máquinas deve seguir aquele fixado nas restrições (2) e (2.1).

Custos diretos de insumos são aqueles que se relacionam com a aquisição de sementes, fertilizantes, herbicidas, embalagens e energia elétrica para a irrigação. Nestes, incluem-se custos sobre mão-de-obra sazonal para atividades de plantio e colheita que podem ocorrer nos diversos meses do ano, com exceção aos meses de julho, agosto e setembro, e maio do primeiro ano agrícola, quando as atividades agrícolas se concentram no cultivo de trigo. Assim, tem-se:

$$\begin{aligned}
 &Kr_m \sum_{i=1}^3 R(i)_t + Km_m \sum_{i=1}^3 M(i)_{t-1} + Ks_m \sum_{i=1}^5 S(i)_t + Kw_m \sum_{i=5}^6 W(i)_t + \\
 &+ Ksl \cdot SL_{t,m} \leq CDI_{t,m} \quad t \geq 1 \quad \forall \quad m \neq 6, 12, 02
 \end{aligned} \tag{6}$$

onde $CDI_{t,m}$ é o total de custo direto de insumos e $SL_{t,m}$ variável relativa às horas contratadas de mão-de-obra sazonal, no ano t , mês m ; os coeficientes Kr_m , Km_m , Ks_m , Kw_m são custos por hectare cultivado de arroz, milho, soja e trigo, respectivamente, no mês m , e Ksl custo por hora da mão-de-obra, com $Ksl=0$ para $m = 7, 8$ e 9 . Seguindo o calendário agrícola, tem-se, para qualquer t , $Kr_m = 0$ para $m=5,7,8,9,11,01,04$, $Ks_m = 0$ para $m=5,7,8,9,10$, $Km_m = 0$ para $m=7,8,9,11,01,03,04$, e $Kw_m = 0$ para $m=10,11,01,03,04$.

O número de mão-de-obra fixa contratada depende do número de tratores e/ou colhedeiros adquiridos. Considera-se que cada tratorista contratado recebe em torno de R\$ 240,00 mensais (15,39 u.m); mão-de-obra sazonal é contratada a R\$ 1,90 (0,12 u.m.) por hora de trabalho.

Como mencionado na seção 3, o agricultor também pode recorrer a créditos de curto prazo para custear despesas com manutenção de máquinas e custos diretos de insumos para cultivos de grãos. O valor do empréstimo está condicionado à área designada para as atividades agrícolas do mês, e pode ser realizado nos meses de maio, julho e setembro para o cultivo de trigo, e nos meses de outubro, novembro e fevereiro para os cultivos de arroz, milho e soja, variando em valor com o grão e época do pedido. Dessa forma, as restrições financeiras relativas a este tipo de crédito podem ser representadas por:

$$\begin{aligned} Kor_m \sum_{i=1}^3 R(i)_t + Kom_m \sum_{i=1}^3 M(i)_t + Kos_m \sum_{i=1}^5 S(i)_t + Kow_m \sum_{i=5}^6 W(i)_t &\leq \\ \leq OD_{t,m} &\quad \text{para } t \geq 1 \quad m = 5, 7, 9, 10, 11, 2 \end{aligned} \quad (7)$$

onde $OD_{t,m}$ é o montante de crédito de curto prazo utilizado no ano t , mês m , e Kor_m , Kom_m , Kos_m , Kow_m são coeficientes que correspondem ao empréstimo por hectare cultivado de arroz, milho, soja e trigo, respectivamente, no mês m , sendo, para qualquer t , $Kor_m = Kos_m = Kom_m = 0$ para $m=5,7,9$, e $Kow_m = 0$ para $m=10,11,02$.

4.2.1 Balanço de Caixa

Considera-se a possibilidade do produtor possuir recurso inicial próprio no primeiro mês do primeiro ano agrícola. Mensalmente deve ser garantida à família uma quantidade monetária fixa, mínima, para seu sustento; além disso, também devem ser garantidos o pagamento de mãos-de-obra contratadas, custos gerais de insumos e máquinas, e parte das dívidas contraídas pela utilização dos planos de financiamento – consideradas nos meses de julho para curto prazo e setembro para aquelas de longo prazo. Como entradas mensais de caixa, o agricultor pode contar com empréstimos de curto e longo prazos, venda da produção de grãos, possível transferência de saldo positivo do mês anterior e, por último, seu cartão de crédito pessoal.

São considerados custos com investimentos a compra de sistemas de irrigação, que devem ser implantados em solos LHI e LV para o cultivo de trigo na época da seca, maquinários agrícolas (especificamente trator e colhedeira), e preparação de solos, este último ocorrendo apenas nos meses de maio e outubro, que marcam o início das atividades de plantio do ano agrícola. Basicamente, as despesas com investimentos se restringem às condições impostas pelos planos de empréstimos disponíveis. O agricultor pode utilizar recursos próprios para aquisição de máquinas.

A renda gerada pela venda das sacas de grãos varia dependendo do produto, mês e número de sacas vendidas. Os preços das sacas de cada grão foram obtidos através de análise de séries temporais de dados coletados no período de 1969 a 1988, pelo IBGE, na região de

Paracatu, Goiás. De forma geral, a renda bruta obtida mensalmente é calculada através das equações (8), onde se considera que o trigo é vendido nos meses de setembro a abril e o milho é vendido no ano seguinte; a soja e o arroz são comercializados após sua colheita, que ocorre nos meses de março e abril, respectivamente, podendo sua comercialização estender-se durante o ano agrícola seguinte.

$$Krs_{t,m}RS_{t,m} + Kws_{t,m}WS_{t,m} + Kms_{t,m}MS_{t,m} + Kss_{t,m}SS_{t,m} \leq IN_{t,m} \quad (8)$$

$$t \geq 1 \quad e \quad \forall m$$

onde $IN_{t,m}$ é a renda bruta, e $RS_{t,m}$, $WS_{t,m}$, $MS_{t,m}$, $SS_{t,m}$ representam quantidade de sacas produzidas, e portanto vendidas, de arroz, trigo, milho e soja, respectivamente, no ano t , mês m , e $Krs_{t,m}$, $Kws_{t,m}$, $Kms_{t,m}$, $Kss_{t,m}$ preços de venda por saca de arroz, trigo, milho e soja, respectivamente, no ano t e mês m . Seguindo o calendário definido pelo modelo, $Kws_{t,m} = 0$ para $m = 5, 6, 7, 8$ e qualquer t .

O balanço de caixa mensal, descrito através das restrições (9), é considerado negativo quando existe a necessidade do agricultor recorrer ao seu cartão de crédito pessoal para o fechamento das contas daquele mês. O resultado do balanço de caixa, $CT_{t,m-1}$, positivo ou negativo, é transferido para o mês seguinte com valorização de 1% ($Kct=1,01$) o que atribui ao modelo característica dinâmica com períodos mensais. Ao final do ano agrícola o capital de giro disponível é transferido para a conta de entrada do primeiro mês do ano agrícola seguinte. Dessa forma, tem-se que

$$(Kt)TR_{t,m} + (Kco)CH_{t,m} + (Kir)SI_{t,m} + Kew_m EWI + MVC_{t,m} + CDI_{t,m} +$$

$$+ (Kcc)CC_{t,m-1} + DivOD_{t-1,m} + \sum_i^3 Kip(i)DivP(i)_{t,m} + CT_{t,m} + KOV_m \leq \quad (9)$$

$$\leq (Kin)IN_{t,m} + (Kct)CT_{t,m-1} + CC_{t,m} + OD_{t,m} + \sum_{i=1}^3 Qf(i)_{t,m} + RI_{t,m}$$

onde $TR_{t,m}$ e $CH_{t,m}$ são variáveis relativas ao número de tratores e colhedeiros, respectivamente, a serem adquiridos no ano t e mês $m=5$, $SI_{t,m}$ é variável relativa à quantidade de solos a ser irrigada, EWI , $MVC_{t,m}$, $CDI_{t,m}$, $OD_{t,m}$, $IN_{t,m}$, são definidos conforme inequações (2), (5), (6), (7) e (8), respectivamente, KOV_m é a quantia, constante, retida para o sustento da família no mês m , $CT_{t,m}$ é a sobra de caixa e $CC_{t,m}$ é variável relativa ao crédito obtido através do cartão de crédito pessoal, ambos no ano t e mês m . Os coeficientes Kt , Kco e Kir são relativos aos custos por trator, colhedeira e sistema de irrigação por hectare, respectivamente, Kew_m custo por tratorista contratado no mês m , Kin índice do imposto sobre a renda bruta e Kcc taxa de juros sobre o cartão de crédito. Ainda, tem-se $RI_{t,m} \neq 0$, para $t=1$ e $m=5$, é o recurso próprio que o produtor pode disponibilizar no início do negócio, $DivOD_{t-1,m} \neq 0$, para $m=7$, dívida contraída através do plano de curto prazo no ano agrícola anterior, $Kip(i)DivP(i)_{t,m} \neq 0$, para $m=9$, porcentagem do saldo devedor sobre o empréstimo realizado pelo i -ésimo plano, e $Qf(i)_{t,m} \neq 0$, para $m=5$, é a parcela do i -ésimo plano financiada, ambos no ano t e para $i=1,2,3$.

Algumas transações financeiras não são realizadas nos primeiros meses do primeiro ano agrícola: não há renda relacionada à produção de grãos para os meses de maio, junho, julho e

agosto, dado que a primeira colheita, de trigo, acontece no mês de setembro, e também não há débitos de financiamentos. O último ano agrícola termina com a colheita e venda da produção do trigo.

4.3 Restrições de Acoplamento

As restrições de acoplamento, AC (Figura 1), descrevem os limites de créditos impostos pelos planos de financiamentos de longo prazo considerados no modelo. Assim, tem-se que $\sum_{t=1}^{11} Qf(i)_{t,m} \leq Max_i$, sendo Max_i o limite de financiamento e $Qf(i)_{t,m}$ variável relativa à quantidade de recursos emprestados no ano t , mês $m=5$, através do i -ésimo plano, $i=1,2,3$.

4.4 Função Objetivo

O objetivo do agricultor é maximizar a sobra do caixa obtida do balanço realizado mensalmente ao longo do horizonte de planejamento, minimizando dívidas com o cartão de crédito pessoal. Logo, a representação matemática para a função objetivo, F, do problema é dada por:

$$F = \sum_{t=1}^{10} \sum_{m=1}^{12} CT_{t,m} - \sum_{t=1}^{10} \sum_{m=1}^{12} CC_{t,m} \quad (10)$$

onde $CT_{t,m}$ e $CC_{t,m}$ conforme descritos na inequação (9), ambos no ano t e mês m agrícolas.

5. Resultados Obtidos

Como já mencionado anteriormente, os cenários aqui apresentados consideram um horizonte de planejamento de dez anos e cinco meses. As versões obtidas do modelo matemático aplicado às condições dos planos contidos nos pacotes P1 e P2, separadamente, descritos na seção 4, possuem 1.758 restrições, 2.722 variáveis, e 1.677 restrições, 2.508 variáveis, respectivamente. Ambas as versões apresentam 184 variáveis com limites superior e inferior e outras 66 inteiras.

Para obtenção dos resultados, testes foram realizados em *PC Pentium 2* utilizando *software* CPLEX 7.0. Cada teste realizado apresentou tempo operacional médio de aproximadamente 3.0 segundos de CPU. Oito cenários são apresentados nas subseções a seguir.

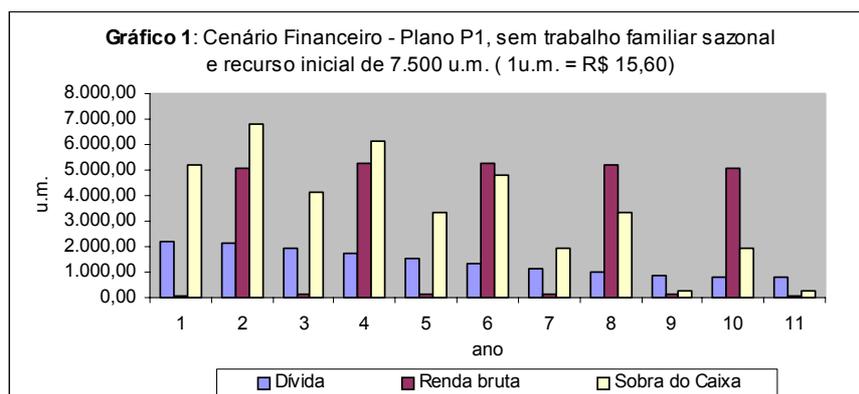
5.1 Resultados com o Pacote P1

Como descrito na seção 3, o pacote P1 considera que o produtor pode ter acesso aos créditos de longo prazo Pronaf – C, Pronaf – Agregar e Proger com TJLP. Crédito de curto prazo, com taxa de 15,25% a.a., pode ser realizado simultaneamente com os de longo prazo. Duas situações distintas são consideradas: aquela em que o produtor conta com apenas 200 horas mensais de trabalho familiar (seção 5.1.1), e aquela em que, somados a estes, ele conta com mais 200 horas de trabalho familiar sazonal (seção 5.1.2). Em ambos os casos, uma média de R\$ 900,00 (57,69 u.m.) é retida para o sustento da família e mão-de-obra sazonal complementar é contratada nos meses caracterizados por atividades intensas de cultivo e/ou colheita.

5.1.1 Sem Trabalho Familiar Sazonal

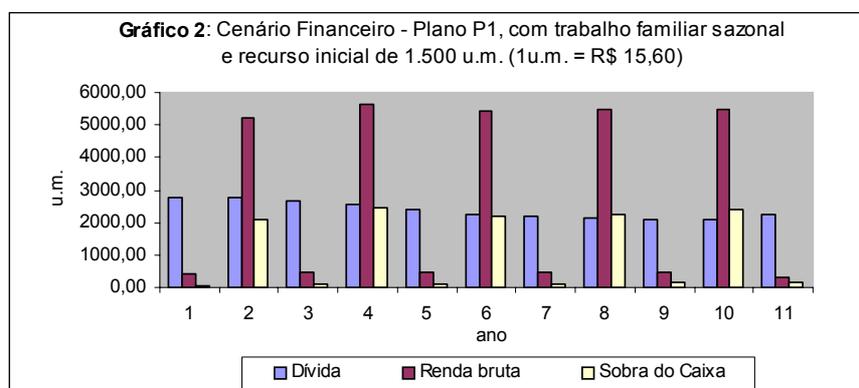
Para que o sistema de produção seja viável, um capital inicial próprio, mínimo, de R\$ 117.000,00 (7.500 u.m.), é exigido. A solução encontrada (ver Tabela 1, Anexo 1) indica que o produtor deve financiar os limites máximos disponíveis pelos planos Pronaf no primeiro ano. Assim, com o montante de R\$ 34.500,00 (2.211,54 u.m.), ele adquire, no primeiro ano, sistema de irrigação para 0,6 ha de solos LHI, onde deve plantar trigo e soja em sistema de rotação; utiliza outros 45 ha de solos LV para cultivo de milho, em rotação com soja, nas estações das chuvas. A renda média bruta anual da fazenda, no período, é de R\$ 37.477,13 (2.402,38 u.m.) e contratações de mão-de-obra sazonal são realizadas todos os anos. O produtor necessita recorrer ao plano de financiamento de curto prazo no décimo ano, e ao final do horizonte de planejamento o balanço de caixa fecha com R\$ 3.932,45 (252,08 u.m.). Evolução da dívida contraída, renda bruta anual e sobra do caixa é representada através do Gráfico 1 abaixo.

Nota-se, no gráfico abaixo, uma forte discrepância entre a renda bruta obtida nos anos ímpares e aquela obtida nos anos pares – resultado conseqüente do calendário agrícola adotado no modelo, onde a venda da produção de milho é repassada para o ano seguinte e a venda da produção da soja pode ser realizada logo após sua colheita – mês de abril do mesmo ano agrícola. Mesmo comportamento gráfico aparece nos demais cenários apresentados nesta subseção, com exceção ao Gráfico 4.



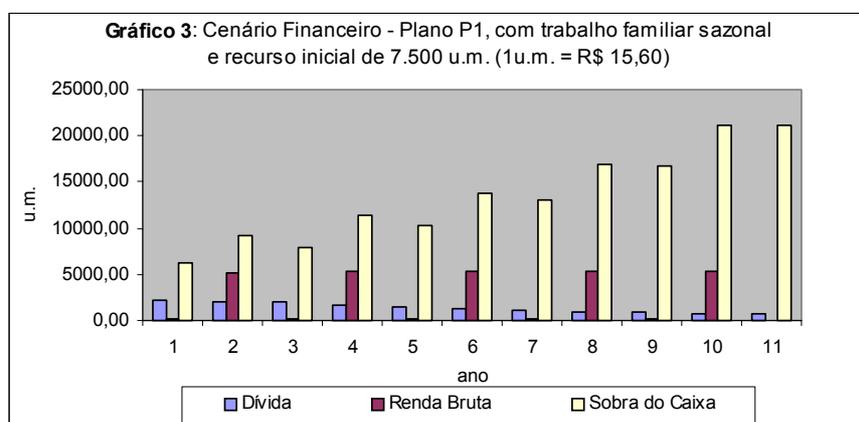
5.1.2 Com Trabalho Familiar Sazonal

Nestas condições, um capital inicial próprio mínimo de R\$ 23.400,00 (1.500 u.m.) é exigido para que o sistema produtivo seja viável. A solução encontrada (ver Tabela 2, Anexo 1) indica que o produtor deve financiar os limites máximos disponíveis pelos planos Pronaf, e parte do plano Proger com TJLP, no primeiro ano. Assim, com o montante de R\$ 43.057,40 (2.760,09 u.m.), ele adquire, no primeiro ano, sistema de irrigação para 2,76 ha de solos LHI, onde deve plantar trigo e soja em sistema de rotação; utiliza outros 45 ha de solos LV para cultivo de milho, em rotação com soja, nas estações das chuvas. A renda média bruta anual da fazenda, no período, é de R\$ 42.365,70 (2.715,75 u.m.). O produtor não contrata mão-de-obra sazonal durante o período, e necessita recorrer ao plano de financiamento de curto prazo, a 15,25% anuais, em alguns meses do primeiro ao sétimo ano. Ao final do horizonte de planejamento o balanço de caixa fecha com R\$ 2.302,25 (147,58 u.m.). Evolução da dívida contraída, renda bruta anual e sobra do caixa é representada através do Gráfico 2 abaixo.



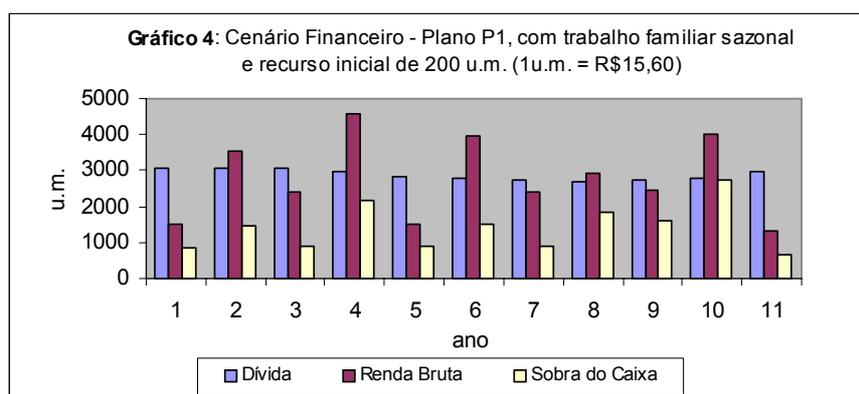
Este resultado mostra a necessidade do produtor utilizar o trabalho de outros elementos da família para viabilizar o sistema de fazenda, quando possui poucos recursos iniciais.

Para efeito comparativo, realizou-se teste tomando o mesmo recurso inicial do teste 1 acima e os resultados obtidos foram os seguintes: a solução encontrada (ver Tabela 3, Anexo 1) indica que o produtor deve financiar a mesma quantia de R\$ 34.500,00 (2.211,54 u.m.), pelos planos Pronaf, no primeiro ano, e o produtor não necessita recorrer ao crédito de financiamento de curto prazo. Assim, com o montante financiado, ele adquire, no primeiro ano, sistema de irrigação para 0,6 ha de solos LHI, onde deve plantar trigo e soja em sistema de rotação; e utiliza outros 45 ha de solos LV para cultivo de milho, em rotação com soja, nas estações das chuvas. A renda média bruta anual da fazenda é de R\$ 37.858,70 (2.426,84 u.m.) e contratações de mão-de-obra não são realizadas. Ao final do horizonte de planejamento o balanço de caixa fecha com R\$ 329.288,54 (21.108,24 u.m.). Evolução da dívida contraída, renda bruta anual e sobra do caixa é representada através do Gráfico 3.



Um quarto teste foi realizado supondo-se que o produtor retém apenas R\$ 550,00 (35,25 u.m.) mensais para o sustento de sua família; neste caso, pressupõe-se que a família pode garantir produção para sua subsistência. Para um capital inicial próprio, mínimo, de R\$ 3.120,00 (100 u.m.), a solução encontrada (ver Tabela 4, Anexo 1) indica que o produtor deve financiar, no primeiro ano, a quantia de R\$ 47.558,32 (3.048,61 u.m.) através dos planos Pronaf e Proger com TJLP. Com este montante, ele adquire, neste mesmo ano,

sistema de irrigação para 3,86 ha de solos LHI, onde planta trigo e soja em sistema de rotação; utiliza outros 45 ha de solos LV para cultivo de milho e arroz em rotação com soja nas estações das chuvas. A renda média bruta anual da fazenda é de R\$ 43.338,93 (2.778,14 u.m.). Além dos financiamentos de longo prazo, o fazendeiro deve utilizar plano de curto prazo, a 15,25% anuais, nos meses de grande atividade agrícola, até o sétimo ano, e recorre ao seu cartão de crédito, no primeiro ano, para financiar uma quantia de R\$ 7.227,95 (463,33 u.m.). Ao final do horizonte de planejamento o balanço de caixa fecha com R\$ 10.503,79 (673,32 u.m.). Evolução da dívida contraída, renda bruta anual e sobra do caixa é representada através do Gráfico 4 abaixo.



Nos cenários acima apresentados, as 200 horas de trabalho familiar, disponibilizadas por mês, são utilizadas integralmente, e mão-de-obra sazonal não é contratada nos meses de maior atividade agrícola devido à utilização de parte das horas do trabalho familiar sazonal disponibilizado nestes mesmos meses.

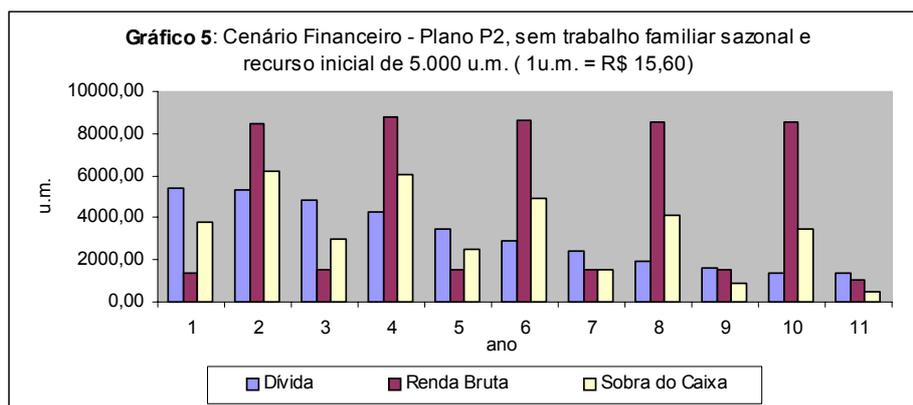
5.2 Resultados com o Pacote P2

Como descrito na seção 3, o pacote P2 considera que o produtor pode ter acesso aos créditos de longo prazo Modéfrota, Prosolo e Proger sem a TJLP. Crédito de curto prazo, a uma taxa de 8,75% a.a., pode ser realizado simultaneamente com os de longo prazo. Como na seção anterior, duas situações distintas são consideradas: a que o produtor conta com apenas 200 horas mensais de trabalho familiar (seção 5.2.1), e outra em que, somadas a estas, ele conta com mais 200 horas de trabalho familiar sazonal (seção 5.2.2). Em ambos os casos, uma quantia média de R\$ 900,00 (57,69 u.m.) é retida para o sustento da família e mão-de-obra sazonal complementar é contratada nos meses caracterizados por atividades intensas de cultivo e/ou colheita.

5.2.1 Sem Trabalho Familiar Sazonal

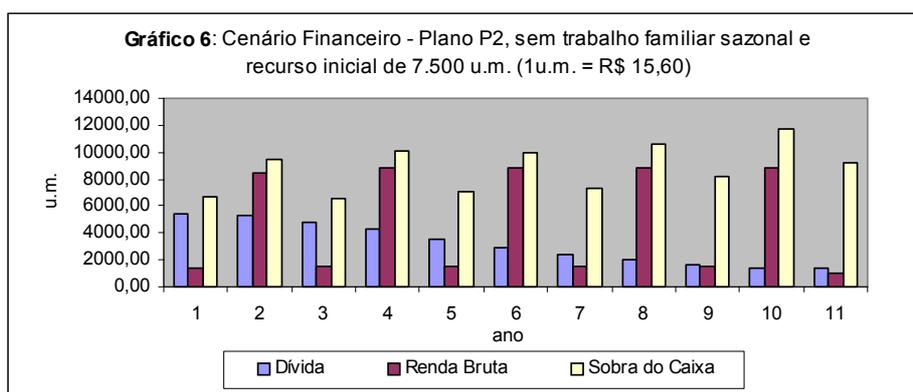
Para um capital inicial próprio, mínimo de R\$ 78.000,00 (5.000 u.m.), a solução encontrada (ver Tabela 5, Anexo 2) indica que o produtor deve financiar, no primeiro ano, a quantia de R\$ 84.730,46 (5.431,44 u.m.) através dos planos Prosolo e Proger. Com este montante, ele adquire, neste mesmo ano, sistema de irrigação para 8,9 ha de solos LHI, onde planta trigo e soja em sistema de rotação; utiliza outros 20 ha de solos LVA e 45 ha de solos LV para

cultivo de milho em rotação com soja nas estações das chuvas. A renda média bruta anual da fazenda é de R\$ 72.996,92 (4.679,29 u.m.). Além dos financiamentos de longo prazo, o produtor deve utilizar créditos de curto prazo e contratar mão-de-obra sazonal nos meses de grande atividade agrícola do primeiro ao décimo ano. Ao final do horizonte de planejamento o balanço de caixa fecha com R\$ 8.010,44 (513,49 u.m.). Evolução da dívida contraída, renda bruta anual e sobra do caixa é representada através do Gráfico 5.



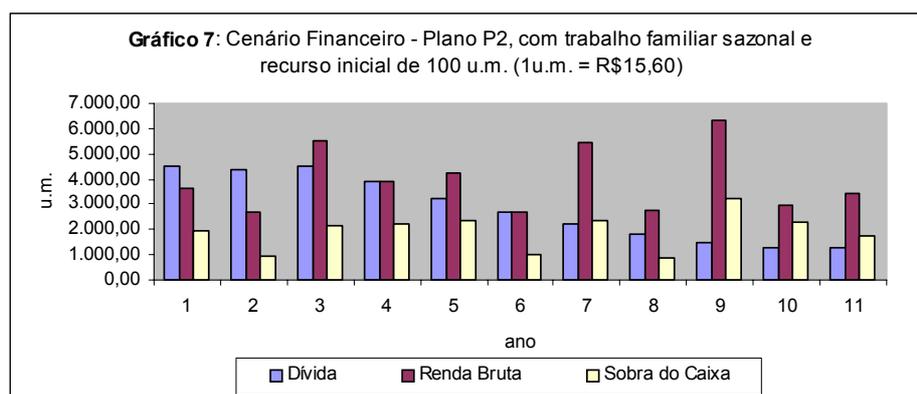
Contando com mais crédito, o agricultor investe mais em sistemas de irrigação e, portanto, a área utilizada durante o período de seca, em solos LHI, é maior que a utilizada com os créditos dos planos P1 (vide 5.1). No entanto, pelo mesmo motivo colocado na subseção anterior, nota-se, no Gráfico 5, uma forte discrepância entre a renda bruta obtida nos anos ímpares e aquela obtida nos anos pares. Mesmo comportamento gráfico aparece nos demais cenários apresentados nesta subseção, com exceção ao Gráfico 7.

Considerando o mesmo recurso inicial de R\$ 117.000,00 (7.500 u.m.), exigidos no primeiro teste da seção 5.1.1, os resultados alcançados (ver Tabela 6, Anexo 2) são próximos daqueles encontrados no caso anterior, Tabela 5, exceto que a renda média bruta anual da fazenda é de R\$ 73.922,94 (4.738,65 u.m.) e, ao final do horizonte de planejamento, o balanço de caixa fecha com R\$ 143.371,00 (9.190,45 u.m.). Evolução da dívida contraída, renda bruta anual e sobra do caixa é representada através do Gráfico 6.



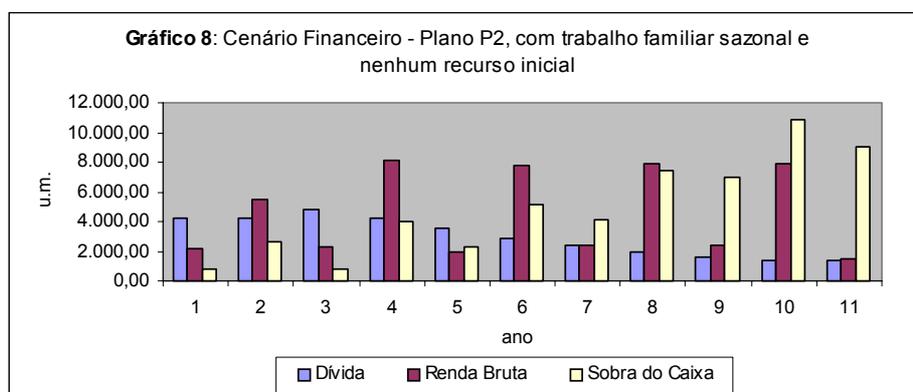
5.2.2 Com Trabalho Familiar Sazonal

Com recurso inicial próprio, mínimo de R\$ 1.560,00 (100 u.m.), a solução encontrada (ver Tabela 7, Anexo 2) indica que o produtor deve financiar, no primeiro ano, a quantia de R\$ 69.940,10 (4.483,34 u.m.) através dos planos Prosolo e Proger. Dessa forma ele adquire, neste mesmo ano, sistema de irrigação para 8,9 ha de solos LHI, onde planta trigo e soja em sistema de rotação e utiliza outros 45 ha de solos LV para cultivo de arroz, milho e soja. No segundo ano, outros 11,36 ha de solos LVA são utilizados para cultivo de milho e arroz em rotação com soja nas estações das chuvas. A renda média bruta anual da fazenda é de R\$ 61.746,98 (3.958,14 u.m.). Além dos financiamentos de longo prazo, o produtor deve utilizar crédito de curto prazo nos meses de grande atividade agrícola e duzentas horas adicionais de trabalho familiar, não necessitando contratar mão-de-obra sazonal. Nos primeiros anos o agricultor necessita utilizar seu cartão de crédito pessoal – destacam-se nos primeiros três anos as quantias de R\$ 33.158,73 (2.125,56 u.m.), R\$ 14.306,45 (917,09 u.m.) e R\$ 18.613,61 (1.193,18 u.m.), o que caracteriza ocorrência de fechamento de caixa negativo, mas ao final do horizonte de planejamento consegue saldo positivo de R\$ 27.669,25 (1.773,67 u.m.). Evolução da dívida contraída, renda bruta anual e sobra do caixa é representada através do Gráfico 7 abaixo.



Para o produtor sem recurso inicial próprio, o sistema de produção de grãos é viável quando o mesmo retiver mensalmente, para o sustento familiar, uma quantia de R\$ 550,00 (35,25 u.m.). A solução encontrada (ver Tabela 8, Anexo 2) indica que o produtor deve financiar, no primeiro ano, a quantia de R\$ 66.495,62 (4.262,54 u.m.) através dos planos Prosolo e Proger. Com este montante, ele adquire, neste mesmo ano, sistema de irrigação para 8,9 ha de solos LHI, onde planta trigo e soja em sistema de rotação e utiliza outros 40,34 ha de solos LV para cultivo de arroz, milho e soja. No segundo ano, outros 20 ha de solos LVA, e mais 4,66 ha de solos LV, são utilizados para cultivo de milho em rotação com soja nas estações das chuvas.

Neste último teste (Tabela 8, Anexo 2), a renda média bruta anual da fazenda é de R\$ 70.701,54 (4.532,15 u.m.). Além dos financiamentos de longo prazo, o fazendeiro deve utilizar plano de curto prazo nos meses de grande atividade agrícola durante os onze anos, e cartão de crédito nos dois primeiros anos, este último totalizando, no primeiro ano, uma quantia de R\$ 31.876,26 (2.043,35 u.m.). Ao final do horizonte de planejamento o balanço de caixa fecha com R\$ 141.537,55 (9.072,92 u.m.). Evolução da dívida contraída, renda bruta anual e sobra do caixa é representada através do Gráfico 8 abaixo.



Nestes dois últimos cenários, as 200 horas de trabalho familiar, disponibilizadas por mês são utilizadas integralmente, o mesmo ocorrendo com o trabalho familiar sazonal.

6. Discussão

O modelo matemático apresentado neste trabalho representa mensalmente, ao longo de um horizonte de dez anos e cinco meses, um sistema sócio-econômico financeiro de produção de grãos de fazenda familiar no cerrado brasileiro. Com ênfase no pequeno/médio produtor, o modelo inclui variáveis decisórias sobre a participação da mão-de-obra familiar em época de intensa atividade de plantio e colheita de grãos e utilização de políticas de créditos agrícolas conhecidas como o Pronaf, Proger, Modfrota e Prosolo. O problema de planejamento é caracterizado como de programação linear dinâmica inteiro-misto, com períodos mensais e horizonte de dez anos e cinco meses.

O modelo foi testado para vários cenários sócio-econômico financeiros, cujas soluções foram obtidas através do *software* CPLEX 7.0. Os resultados apontados pelo modelo (vide seção anterior) revelam que um sistema de produção de grãos, com 100 ha de terras, pode apresentar diferenças significativas, em termos financeiros, dependendo das decisões tomadas pelo agricultor – dentre elas as que correspondem ao Pacote de Financiamento escolhido e à adoção do trabalho familiar sazonal.

Optando por financiamentos dos planos Pronaf – P1, os resultados apresentados (ver Tabelas 1 e 2, Anexo 1) indicam inviabilidade do sistema de fazenda, como um negócio, para o produtor que não possui recurso inicial próprio, que necessita em média R\$ 900,00 mensais para o sustento de sua família. Ou seja, ambos os casos mostram a necessidade de se utilizar recurso inicial próprio para que o sistema seja factível: no primeiro, o agricultor deve começar com R\$ 117.000,00 e termina o período de dez anos e cinco meses com R\$ 3.932,45 em caixa; no segundo, com a inclusão de trabalho familiar sazonal, recurso inicial mínimo de R\$ 23.400,00 é exigido, e no final do horizonte o agricultor possui apenas R\$ 2.302,25.

Para a situação hipotética em que o produtor possui um montante inicial de R\$ 117.000,00 e conta com trabalho familiar sazonal, o sistema de produção de grãos não é rentável para o agricultor que retém R\$ 900,00 mensais como sustento. Neste caso, no final do período de planejamento o caixa fecha com uma quantia de R\$ 329.288,54. Caso o recurso inicial fosse atualizado a uma taxa de 1% ao mês, no mesmo período, o produtor deveria possuir R\$ 439.500,00.

Mesmo quando o agricultor retém apenas R\$ 550,00 mensais para o sustento de sua família, e utiliza trabalho familiar sazonal, o sistema agrícola não é financeiramente rentável (ver Tabela 4, Anexo 1): o recurso inicial próprio exigido é de R\$ 3.120,00 e o balanço de caixa fecha, ao final do horizonte de planejamento, com saldo de R\$ 10.503,79, quando este deveria ser de R\$ 11.720,00 – valor do recurso inicial corrigido no período a 1% ao mês.

Optando por financiamentos dos planos Prosolo e Proger sem TJLP, os resultados apresentados (ver Tabelas 5 e 6, Anexo 2) indicam inviabilidade do sistema de fazenda, como um negócio, para o produtor que não possui recurso inicial próprio, não pode dispor de trabalho familiar sazonal e necessita de R\$ 900,00 mensais para o sustento da família. Ambos os casos mostram a necessidade de se utilizar recursos próprios para que o sistema seja viável: no primeiro, o agricultor deve possuir, inicialmente, uma quantia de R\$ 78.000,00 e termina o período de dez anos e cinco meses com R\$ 8.010,44 em caixa; no segundo, com recurso inicial de R\$ 117.000,00, o produtor termina, no final do horizonte, com uma quantia de R\$ 143.371,00, o que significa perda do valor inicial dos recursos ao se considerar taxa de 1% ao mês.

Contando com trabalho familiar sazonal, os resultados obtidos com a utilização dos planos P2 (ver Tabela 7, Anexo 2) indicam viabilidade e rentabilidade do sistema produtivo para o agricultor que possui recurso inicial mínimo de R\$ 1.560,00. No final do período de planejamento considerado, o produtor fecha o caixa com um saldo de R\$ 27.669,25, quantia significativamente maior que aquela que poderia ser obtida caso os recursos iniciais tivessem sido aplicados a uma taxa de 1% ao mês durante todo o período. No entanto, necessita de empréstimo de seu cartão de crédito para fechamento de caixa mensal nos oito primeiros anos.

Somente para o caso em que o agricultor retém apenas R\$ 550,00 mensais para o sustento de sua família, e utiliza trabalho familiar sazonal, o sistema produtivo mostra-se viável e financeiramente rentável sem exigir recursos iniciais próprios; porém, como já observado na seção anterior, o agricultor necessita utilizar seu cartão de crédito para fechamento mensal do caixa nos dois primeiros anos.

Contando com apenas 200 horas mensais de trabalho familiar, os cenários montados com os planos de financiamentos aqui considerados mostram que o agricultor precisa, além de recursos próprios iniciais, recorrer a créditos de curto prazo para que o balanço de caixa seja viável. Recorrendo aos planos P1, o agricultor necessita de recursos iniciais próprios de no mínimo R\$ 117.000,00 para conduzir a produção de milho, soja e trigo, em sistema de rotação, utilizando apenas 50% de suas terras. No final do horizonte de dez anos e cinco meses, resta-lhe apenas R\$ 3.932,45. Se recorrer aos planos P2, o agricultor deve necessitar de recursos iniciais próprios de no mínimo R\$ 78.000,00 para produzir os mesmos grãos em sistema de rotação, utilizando 74% da área disponível. No final do horizonte de planejamento, o balanço de caixa fecha com um saldo positivo de R\$ 8.010,44.

A importância da participação de mais elementos da família é evidenciada ao serem consideradas no modelo outras 200 horas de atividades de trabalho familiar sazonal. Para estes casos, o fechamento do caixa no final do horizonte de planejamento apresentou sensível melhora em virtude da não necessidade de gastos com mão-de-obra sazonal de terceiros. Em termos financeiros, a melhor situação para o agricultor é aquela em que ele recorre aos planos de créditos P2, tendo, porém, que possuir recursos iniciais equivalentes a R\$ 1.560,00 para garantir R\$ 900,00 mensais para o sustento da família (ver Tabela 7, Anexo 2).

Não possuindo recursos iniciais próprios, a política de produção de grãos proposta pelo modelo mostra-se rentável quando o produtor conta com 200 horas de trabalho familiar

sazonal e retém mensalmente uma quantia de R\$ 550,00 para o sustento de sua família. Para tanto, o agricultor deve recorrer aos planos de financiamentos de longo prazo, P2, e de curto prazo, e utiliza 65% da área disponível, fechando o caixa com saldo de R\$ 141.537,55 no final do horizonte de planejamento (ver Tabela 8, Anexo 2).

Apesar dos últimos dois cenários, citados acima, mostrarem resultados financeiros promissores, deve-se lembrar que o modelo proposto supõe que o pagamento dos saldos das dívidas contraídas são estendidos para o horizonte de planejamento aqui considerado, no último cenário a quantia mensal retida para o sustento da família é ínfima, e o agricultor deve contar com a participação da mão-de-obra familiar nos meses de grande atividade agrícola. Esta última exigência não leva em consideração a questão do “custo/benefício” para o jovem membro da família.

7. Conclusões

Em relação ao modelo de planejamento de produção de grãos e aplicações apresentadas neste trabalho, pode-se concluir que:

O modelo foi validado através de simulações realizadas com implementação de planos de créditos recentemente oferecidos pelo Governo Federal para o setor agrícola. Com representação em períodos mensais, ao longo do horizonte de planejamento de dez anos e cinco meses, a solução ótima do sistema é facilmente obtida através do software CPLEX 7.0, e pode oferecer ao produtor detalhamento mensal sobre a melhor política a ser adotada durante o período, tendo como objetivo a maximização das sobras mensais de caixa e a minimização da utilização de seu cartão de crédito.

A dimensão da matriz de restrições do problema e os tempos computacionais obtidos nos testes realizados, e citados na seção 5, apontam para a possibilidade de se estender o modelo aqui abordado de forma que contemple maior variedade de culturas e planos de financiamentos, e ofereça, especialmente ao pequeno/médio produtor, uma visão sobre a viabilidade financeira, de longo prazo, para diferentes políticas de produção.

Os dados aqui utilizados sobre os planos de financiamentos, existentes para o setor agrícola no ano de 2002, não invalidam a importância dos resultados mostrados e analisados nas seções anteriores, os quais foram obtidos de cenários onde situações financeiras distintas foram consideradas. Dessa forma, nas condições estudadas neste trabalho, pode-se afirmar que:

Os Planos Pronaf – P1 não oferecem condições financeiras para garantir produção rentável ao agricultor que dispõe de 100 ha de terras para o plantio de arroz, milho, soja e trigo.

Tendo acesso aos Planos P2, os resultados obtidos indicam que o produtor que dispõe de 100 ha pode garantir mensalmente R\$ 900,00 para sua família e rentabilidade do sistema produtivo, a longo prazo, se contar com trabalho familiar sazonal e possuir recursos iniciais mínimos de R\$ 1.560,00. Para aqueles que não possuem recursos iniciais próprios, a política ótima de produção de grãos, indicada pelo modelo, mostra um sistema rentável para o produtor que conta com trabalho familiar sazonal e retém mensalmente uma quantia de apenas R\$ 550,00 para o sustento de sua família.

Dessa forma, agricultores que dispõem de 100 ha de terras devem preferir os Planos Proger e Prosolo (P2), a despeito da cobrança de juros mais altos e, neste caso, obrigatoriamente, utilizar mão-de-obra familiar sazonal para obter um sistema produtivo e rentável.

Agradecimentos

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa – Cerrados, Brasília-DF, que, através do Projeto de Apoio ao Desenvolvimento de Tecnologia Agropecuária para o Brasil – Prodetab, e o Banco Internacional de Desenvolvimento – BID, financiou projeto conjunto de pesquisa com a Universidade de Brasília, UnB, no período de 1999 a 2002.

Referências Bibliográficas

- (1) AAbdullahi, O. & Igbekele, A.A. (1998). Developing alternative farm plans for cropping system decision making. *Agricultural Systems*, **56**(4).
- (2) Affholder, F.; Bonnal, P.; Jourdain, D. & Scopel, E. (1998). Small-scale farming diversity and bioeconomic environmental variability: A modeling approach. AFSRE 15th Inter-national Symposium Proceedings.
- (3) Biagio, M.A.; Abe, E.N.; Turnes, O.; Almeida, F.G. & Veloso, R.F. (2002). Modelo para planejamento gerencial de produção em fazenda familiar no cerrado brasileiro. Actas del XI Congreso Latino Iberoamericano de Investigación Operativa, Oct, Chile.
- (4) Bogahawarte, C. (1984). Evaluating crop-livestock-based farming. Part 3 – Feed demand and supply. *Agricultural Systems*, **14**, 199-212.
- (5) Dalton, G.E. (1982). *Managing agricultural systems*. Applied Science Publishers, London.
- (6) Dent, J.B. & Anderson, J.R. (1971). *Systems analysis in agricultural management*. John Wiley & Sons, Sidney.
- (7) Dent, J.B. (1990). Optimising the mixture of enterprises in a farming system. **In:** *Systems Theory Applied to Agriculture and the Food Chain* [edited by J.G.W. Jones and P.R. Street], Elsevier Applied Science, London, 113-130.
- (8) Herrero, M.; Fawcett, R.H.; Perez, E. & Dent, J.B. (1997). The role of systems research in grazing management: applications to sustainable cattle production in Latin America. **In:** *Applications of systems approaches at the farm and regional levels* [edited by P.S. Teng, M.J. Kropff, H.F. Ten Berge, J.B. Dent, F.P. Lansingan and H. Van Laa], Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands, **1**, 129-136.
- (9) Rodrigues, L.H.A. (1995). Cap-dairy: Computer aided planning of dairy farms. PhD. Thesis, Silsoe Research Institute, Bedford, England.
- (10) Veloso, R.F. (1990). Crop farm development in the Brazilian Cerrado region: an ex-ante evaluation. PhD. Thesis, University of Edinburgh, 1990.
- (11) Veloso, R.F.; MacGregor, M.J.; Dent, J.B. & Thornton, P.K. (1994). Técnicas de modelagem de sistemas aplicadas em planejamento agrícola dos Cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **29**(12), 1877-1887.
- (12) Vicente, A. & Gonçalves, M.B. (1999). Modelagem matemática para integração das atividades de um sistema de produção agrícola. Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional.

Anexo 1

Tabela 1 – Cenário Financeiro – Plano 1, sem trabalho familiar sazonal, recurso inicial de 7.500 u.m. e sustento familiar de 57,69 u.m.
(1 u.m. = R\$ 15,60)

| Especificação | Ano 1 | Ano 2 | Ano 3 | Ano 4 | Ano 5 | Ano 6 | Ano 7 | Ano 8 | Ano 9 | Ano 10 | Ano 11 |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|----------|--------|
| Empréstimo de longo prazo (u.m.) | 2.211,54 | 2.104,40 | 1.937,27 | 1.727,58 | 1.503,01 | 1.311,01 | 1.146,43 | 1.005,03 | 883,22 | 778,02 | 790,83 |
| Renda Bruta (u.m.) | 92,80 | 5.080,32 | 101,50 | 5.243,87 | 101,50 | 5.267,97 | 101,50 | 5.188,33 | 101,50 | 5.078,56 | 68,33 |
| Sobra do Caixa (u.m.) | 5.179,54 | 6.809,05 | 4.157,60 | 6.125,43 | 3.314,48 | 4.809,84 | 1.917,86 | 3.308,56 | 288,27 | 1.956,10 | 252,08 |
| Área utilizada (ha) | | | | | | | | | | | |
| Arroz | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Milho | 45,00 | - | 45,00 | - | 45,00 | - | 45,00 | - | 45,00 | - | - |
| Trigo | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 |
| Soja | 0,60 | 45,60 | 0,60 | 45,60 | 0,60 | 45,60 | 0,60 | 45,60 | 0,60 | 45,60 | - |
| Vendas (sacas) | | | | | | | | | | | |
| Arroz | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Milho | - | 3.025,35 | - | 3.025,35 | - | 3.025,35 | - | 3.025,35 | - | 3.025,35 | - |
| Trigo | 26,18 | 26,18 | 26,18 | 26,18 | 26,18 | 26,18 | 26,18 | 26,18 | 26,18 | 26,18 | 26,18 |
| Soja | 21,13 | 1.558,33 | 21,13 | 1.558,33 | 21,13 | 1.558,33 | 21,13 | 1.558,33 | 21,13 | 1.558,33 | - |
| Área Irrigada (ha) | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 |
| Mão-de-obra sazonal (horas) | 191,84 | 51,22 | 191,84 | 51,22 | 191,84 | 51,22 | 191,84 | 51,22 | 191,84 | 51,22 | - |
| Empréstimo de curto prazo | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 408,23 | - |
| Cartão de crédito | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabela 2 – Cenário Financeiro – Plano 1, com trabalho familiar sazonal, recurso inicial de 1.500 u.m. e sustento familiar de 57,69 u.m.
(1 u.m. = R\$ 15,60)

| Especificação | Ano 1 | Ano 2 | Ano 3 | Ano 4 | Ano 5 | Ano 6 | Ano 7 | Ano 8 | Ano 9 | Ano 10 | Ano 11 |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Empréstimo de longo prazo (u.m.) | 2.760,09 | 2.746,83 | 2.665,80 | 2.535,74 | 2.379,51 | 2.261,64 | 2.168,45 | 2.123,24 | 2.095,99 | 2.093,35 | 2.227,89 |
| Renda Bruta (u.m.) | 429,79 | 5.236,59 | 470,12 | 5.629,44 | 470,12 | 5.440,74 | 470,12 | 5.477,74 | 470,12 | 5.461,99 | 316,48 |
| Sobra do Caixa (u.m.) | 77,54 | 2.076,81 | 86,21 | 2.454,80 | 86,21 | 2.173,42 | 86,21 | 2.219,16 | 139,44 | 2.407,15 | 147,58 |
| Área utilizada (ha) | | | | | | | | | | | |
| Arroz | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Milho | 45,00 | - | 45,00 | - | 45,00 | - | 45,00 | - | 45,00 | - | - |
| Trigo | 2,76 | 2,76 | 2,76 | 2,76 | 2,76 | 2,76 | 2,76 | 2,76 | 2,76 | 2,76 | 2,76 |
| Soja | 2,76 | 47,76 | 2,76 | 47,76 | 2,76 | 47,76 | 2,76 | 47,76 | 2,76 | 47,76 | - |
| Vendas (sacas) | | | | | | | | | | | |
| Arroz | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Milho | - | 3.025,35 | - | 3.025,35 | - | 3.025,35 | - | 3.025,35 | - | 3.025,35 | - |
| Trigo | 121,26 | 121,26 | 121,26 | 121,26 | 121,26 | 121,26 | 121,26 | 121,26 | 121,26 | 121,26 | 121,26 |
| Soja | 97,86 | 1.635,06 | 97,86 | 1.635,06 | 97,86 | 1.635,06 | 97,86 | 1.635,06 | 97,86 | 97,86 | - |
| Área Irrigada (ha) | 2,76 | 2,76 | 2,76 | 2,76 | 2,76 | 2,76 | 2,76 | 2,76 | 2,76 | 2,76 | 2,76 |
| Mão-de-obra sazonal (horas) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Trabalho familiar sazonal (horas) | 194,00 | 53,38 | 194,00 | 53,38 | 194,00 | 53,38 | 194,00 | 53,38 | 194,00 | 53,38 | - |
| Empréstimo de curto prazo | 411,83 | 328,93 | 452,89 | 284,96 | 122,27 | 45,30 | 86,49 | - | - | - | - |
| Cartão de crédito | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabela 3 – Cenário Financeiro – Plano 1, com trabalho familiar sazonal, recurso inicial de 7.500 u.m. e sustento mensal de 57,69 u.m.
(1 u.m. = R\$ 15,60)

| Especificação | Ano 1 | Ano 2 | Ano 3 | Ano 4 | Ano 5 | Ano 6 | Ano 7 | Ano 8 | Ano 9 | Ano 10 | Ano 11 |
|--|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Empréstimo de longo prazo (u.m.) | 2.211,54 | 2.104,40 | 1.937,27 | 1.727,58 | 1.503,01 | 1.311,01 | 1.145,43 | 1.005,03 | 883,22 | 778,02 | 790,83 |
| Renda Bruta (u.m.) | 92,80 | 5.080,32 | 101,50 | 5.243,87 | 101,50 | 5.267,98 | 101,50 | 5.267,98 | 101,50 | 5.267,98 | 68,33 |
| Sobra do Caixa (u.m.) | 6.320,00 | 9.154,39 | 7.875,50 | 11.375,09 | 10.305,03 | 13.747,21 | 13.063,82 | 16.928,81 | 16.711,03 | 21.091,58 | 21.108,24 |
| Área utilizada (ha) | | | | | | | | | | | |
| Arroz | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Milho | 45,00 | - | 45,00 | - | 45,00 | - | 45,00 | - | 45,00 | - | - |
| Trigo | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 |
| Soja | 0,60 | 45,60 | 0,60 | 45,60 | 0,60 | 45,60 | 0,60 | 45,60 | 0,60 | 45,60 | - |
| Vendas (sacas) | | | | | | | | | | | |
| Arroz | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Milho | - | 3.025,35 | - | 3.025,35 | - | 3.025,35 | - | 3.025,35 | - | 3.025,35 | - |
| Trigo | 26,18 | 26,18 | 26,18 | 26,18 | 26,18 | 26,18 | 26,18 | 26,18 | 26,18 | 26,18 | 26,18 |
| Soja | 21,13 | 1.558,33 | 21,13 | 1.558,33 | 21,13 | 1.558,33 | 21,13 | 1.558,33 | 21,13 | 1.558,33 | - |
| Área Irrigada (ha) | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 |
| Mão-de-obra sazonal (horas) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Trabalho familiar sazonal (horas) | 191,78 | 51,22 | 191,84 | 51,22 | 191,84 | 51,22 | 191,84 | 51,22 | 191,84 | 51,22 | - |
| Empréstimo de curto prazo | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Cartão de crédito | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabela 4 – Cenário Financeiro – Plano 1, com trabalho familiar sazonal, recurso inicial de 200 u.m. e sustento mensal de 35,25 u.m.
(1 u.m. = R\$ 15,60)

| Especificação | Ano 1 | Ano 2 | Ano 3 | Ano 4 | Ano 5 | Ano 6 | Ano 7 | Ano 8 | Ano 9 | Ano 10 | Ano 11 |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Empréstimo de longo prazo (u.m.) | 3.048,61 | 3.084,72 | 3.048,99 | 2.960,81 | 2.840,53 | 2.761,64 | 2.719,74 | 2.711,39 | 2.733,88 | 2.785,18 | 2.983,75 |
| Renda Bruta (u.m.) | 1.506,58 | 3.539,28 | 2.386,34 | 4.570,85 | 1.496,61 | 3.984,43 | 2.386,34 | 2.923,97 | 2.446,20 | 3.992,49 | 1.326,44 |
| Sobra do Caixa (u.m.) | 829,05 | 1.451,73 | 888,76 | 2.176,37 | 888,52 | 1.523,48 | 888,76 | 1.831,39 | 1.596,84 | 2.735,16 | 673,32 |
| Área utilizada (ha) | | | | | | | | | | | |
| Arroz | 3,71 | - | - | 15,66 | - | - | - | - | - | - | - |
| Milho | 25,63 | 15,60 | 29,34 | - | 29,34 | 15,66 | 29,34 | 15,66 | 29,34 | 15,66 | - |
| Trigo | 3,86 | 3,86 | 3,86 | 3,86 | 3,86 | 3,86 | 3,86 | 3,86 | 3,86 | 3,86 | 3,86 |
| Soja | 19,52 | 33,20 | 19,52 | 33,20 | 19,52 | 33,20 | 19,52 | 33,20 | 19,52 | 33,20 | - |
| Vendas (sacas) | | | | | | | | | | | |
| Arroz | 75,31 | - | - | 317,70 | - | - | - | - | - | - | - |
| Milho | - | 1.723,15 | 1.052,67 | 1.972,68 | - | 1.972,68 | 1.052,67 | 1.972,68 | 1.052,67 | 1.972,68 | 1.052,67 |
| Trigo | 169,42 | 169,42 | 169,42 | 169,42 | 169,42 | 169,42 | 169,42 | 169,42 | 169,42 | 169,42 | 169,42 |
| Soja | 671,60 | 1.139,06 | 671,60 | 1.139,06 | 671,60 | 1.139,06 | 671,60 | 1.139,06 | 671,60 | 1.139,06 | - |
| Área Irrigada (ha) | 3,86 | 3,86 | 3,86 | 3,86 | 3,86 | 3,86 | 3,86 | 3,86 | 3,86 | 3,86 | 3,86 |
| Mão-de-obra sazonal (horas) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Trabalho familiar sazonal (horas) | 133,08 | 102,95 | 146,19 | 56,45 | 144,23 | 103,42 | 146,19 | 103,42 | 146,19 | 103,42 | 1,96 |
| Financiamento de curto prazo | 1.396,57 | 1.365,93 | 1.231,88 | 685,98 | 599,57 | 346,56 | 79,22 | - | - | - | - |
| Cartão de crédito | 463,33 | 79,92 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Anexo 2

Tabela 5 – Cenário Financeiro – Plano 2, sem trabalho familiar sazonal, recurso inicial de 5.000 u.m. e sustento mensal de 57,69 u.m.
(1 u.m. = R\$ 15,60)

| Especificação | Ano 1 | Ano 2 | Ano 3 | Ano 4 | Ano 5 | Ano 6 | Ano 7 | Ano 8 | Ano 9 | Ano 10 | Ano 11 |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Empréstimo de longo prazo (u.m.) | 5.431,44 | 5.321,94 | 4.833,95 | 4.239,48 | 3.501,20 | 2.891,48 | 2.387,94 | 1.972,10 | 1.628,66 | 1.345,04 | 1.392,88 |
| Renda Bruta (u.m.) | 1.383,52 | 8.444,85 | 1.513,36 | 8.808,17 | 1.513,36 | 8.644,28 | 1.513,36 | 8.582,76 | 1.513,36 | 8.536,38 | 1.018,79 |
| Sobra do Caixa (u.m.) | 3.815,65 | 6.243,96 | 2.992,39 | 6.011,41 | 2.511,04 | 4.888,95 | 1.560,74 | 4.077,51 | 860,91 | 3.465,81 | 513,49 |
| Área utilizada (ha) | | | | | | | | | | | |
| Arroz | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Milho | 65,00 | - | 65,00 | - | 65,00 | - | 65,00 | - | 65,00 | - | - |
| Trigo | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 |
| Soja | 8,90 | 73,90 | 8,90 | 73,90 | 8,90 | 73,90 | 8,90 | 73,90 | 8,90 | 73,90 | - |
| Vendas (sacas) | | | | | | | | | | | |
| Arroz | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Milho | - | 4.233,55 | - | 4.233,55 | - | 4.233,55 | - | 4.233,55 | - | 4.233,55 | - |
| Trigo | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 |
| Soja | 315,02 | 2.488,02 | 315,02 | 2.488,02 | 315,02 | 2.488,02 | 315,02 | 2.488,02 | 315,02 | 2.488,02 | - |
| Área Irrigada (ha) | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 |
| Mão-de-obra sazonal (horas) | 285,15 | 82,03 | 285,15 | 82,03 | 285,15 | 82,03 | 285,15 | 82,03 | 285,15 | 82,03 | - |
| Financiamento de curto prazo | 1.674,99 | 1.530,17 | 1.674,99 | 1.530,17 | 1.674,99 | 1.530,17 | 1.674,99 | 1.530,17 | 1.674,99 | 1.530,17 | 226,43 |
| Cartão de crédito | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabela 6 – Cenário Financeiro – Plano 2, sem trabalho familiar sazonal, recurso inicial de 7.500,00 e sustento mensal de 57,69 u.m.
(1 u.m. = R\$ 15,60)

| Especificação | Ano 1 | Ano 2 | Ano 3 | Ano 4 | Ano 5 | Ano 6 | Ano 7 | Ano 8 | Ano 9 | Ano 10 | Ano 11 |
|---|----------|----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| Empréstimo de longo prazo (u.m.) | 5.431,44 | 5.321,94 | 4.833,95 | 4.239,48 | 3.501,20 | 2.891,48 | 2.387,94 | 1.972,10 | 1.628,66 | 1.345,04 | 1.392,88 |
| Renda Bruta (u.m.) | 1.383,52 | 8.450,47 | 1.513,36 | 8.808,17 | 1.513,36 | 8.855,71 | 1.513,36 | 8.777,50 | 1.513,36 | 8.777,50 | 1.018,79 |
| Sobra do Caixa (u.m.) | 6.632,71 | 9.418,60 | 6.569,65 | 10.042,35 | 7.053,21 | 10.007,95 | 7.328,96 | 10.578,42 | 8.186,29 | 11.721,63 | 9.190,45 |
| Área utilizada (ha) | | | | | | | | | | | |
| Arroz | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Milho | 65,00 | - | 65,00 | - | 65,00 | - | 65,00 | - | 65,00 | - | - |
| Trigo | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 |
| Soja | 8,90 | 73,90 | 8,90 | 73,90 | 8,90 | 73,90 | 8,90 | 73,90 | 8,90 | 73,90 | - |
| Vendas (sacas) | | | | | | | | | | | |
| Arroz | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Milho | - | 4.233,55 | - | 4.233,55 | - | 4.233,55 | - | 4.233,55 | - | 4.233,55 | - |
| Trigo | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 |
| Soja | 315,02 | 2.488,02 | 315,02 | 2.488,02 | 315,02 | 2.488,02 | 315,02 | 315,02 | 315,02 | 315,02 | - |
| Área Irrigada (ha) | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 |
| Mão-de-obra sazonal (horas) | 285,15 | 82,03 | 285,15 | 82,03 | 285,15 | 82,03 | 285,15 | 82,03 | 285,15 | 82,03 | - |
| Financiamento de curto prazo | 1.674,99 | 1.530,17 | 1.674,99 | 1.530,17 | 1.674,99 | 1.530,17 | 1.674,99 | 1.530,17 | 1.674,99 | 1.530,17 | 226,43 |
| Cartão de crédito | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabela 7 – Cenário Financeiro – Plano 2, com trabalho familiar sazonal, recurso inicial de 100 u.m. e sustento mensal de 57,69 u.m.
(1 u.m. = R\$ 15,60)

| Especificação | Ano 1 | Ano 2 | Ano 3 | Ano 4 | Ano 5 | Ano 6 | Ano 7 | Ano 8 | Ano 9 | Ano 10 | Ano 11 |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Empréstimo de longo prazo (u.m.) | 4.483,34 | 4.392,95 | 4.479,39 | 3.928,52 | 3.244,39 | 2.679,39 | 2.212,79 | 1.827,45 | 1.509,20 | 1.246,38 | 1.290,72 |
| Renda Bruta (u.m.) | 3.616,34 | 2.669,01 | 5.547,69 | 3.877,26 | 4.207,17 | 2.691,54 | 5.484,42 | 2.740,45 | 6.315,49 | 2.951,03 | 3.439,10 |
| Sobra do Caixa (u.m.) | 1.930,76 | 943,00 | 2.172,93 | 2.217,68 | 2.379,41 | 987,87 | 2.381,05 | 898,32 | 3.224,51 | 2.262,21 | 1.773,67 |
| Área utilizada (ha) | | | | | | | | | | | |
| Arroz | 2,14 | 17,87 | 11,36 | 42,86 | 13,50 | 15,10 | 3,26 | - | - | - | - |
| Milho | - | 24,98 | 2,14 | - | - | 27,76 | 10,24 | 42,86 | 13,50 | 42,86 | - |
| Trigo | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 |
| Soja | 51,76 | 22,40 | 51,76 | 22,40 | 51,76 | 22,40 | 51,76 | 22,40 | 51,76 | 22,40 | - |
| Vendas (sacas) | | | | | | | | | | | |
| Arroz | 43,47 | 362,65 | 200,55 | 869,58 | 244,01 | 306,29 | 57,54 | - | - | - | - |
| Milho | - | - | 1.679,69 | 144,03 | - | - | 1.866,45 | 633,47 | 2.881,32 | 830,42 | 2.881,32 |
| Trigo | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 |
| Soja | 1.779,04 | 749,40 | 1.779,04 | 749,40 | 1.779,04 | 749,40 | 1.779,04 | 749,40 | 1.779,04 | 749,40 | - |
| Área Irrigada (ha) | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 |
| Mão-de-obra sazonal (horas) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Trabalho familiar sazonal (horas) | 1.000,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 200,00 |
| Financiamento de curto prazo | 1.551,53 | 1.653,61 | 1.736,96 | 1.468,17 | 1.650,61 | 1.554,53 | 1.756,66 | 1.448,49 | 1.713,95 | 1.491,20 | 226,43 |
| Cartão de crédito | 2.125,56 | 917,08 | 1.193,17 | 284,46 | 383,72 | 653,87 | 7,65 | 83,49 | - | - | - |

Tabela 8 – Cenário Financeiro – Plano 2, com trabalho familiar sazonal, sem recurso inicial e sustento mensal de 35,25 u.m.
(1 u.m. = R\$ 15,60)

| Especificação | Ano 1 | Ano 2 | Ano 3 | Ano 4 | Ano 5 | Ano 6 | Ano 7 | Ano 8 | Ano 9 | Ano 10 | Ano 11 |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|
| Empréstimo de longo prazo (u.m.) | 4.262,54 | 4.176,60 | 4.855,36 | 4.258,26 | 3.516,70 | 2.904,28 | 2.398,51 | 1.980,83 | 1.635,87 | 1.350,99 | 1.399,05 |
| Renda Bruta (u.m.) | 2.159,16 | 5.504,26 | 2.245,25 | 8.169,10 | 1.941,35 | 7.783,30 | 2.429,57 | 7.861,30 | 2.429,57 | 7.861,30 | 1.469,46 |
| Sobra do Caixa (u.m.) | 744,96 | 2.654,74 | 796,77 | 4.005,30 | 2.281,70 | 5.138,52 | 4.109,84 | 7.459,86 | 6.941,04 | 10.828,07 | 9.072,92 |
| Área utilizada (ha) | | | | | | | | | | | |
| Arroz | 12,07 | 2,69 | - | 7,98 | - | - | - | - | - | - | - |
| Milho | 20,29 | 5,29 | 57,02 | - | 57,02 | 7,98 | 57,02 | 7,98 | 57,02 | 7,98 | - |
| Trigo | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 |
| Soja | 16,88 | 65,92 | 16,88 | 65,92 | 16,88 | 65,92 | 16,88 | 65,92 | 16,88 | 65,92 | - |
| Vendas (sacas) | | | | | | | | | | | |
| Arroz | 244,86 | 54,67 | - | 161,92 | - | - | - | - | - | - | - |
| Milho | - | 1.364,33 | 355,46 | 3.697,04 | - | 3.697,04 | 536,51 | 3.697,04 | 536,51 | 3.697,04 | - |
| Trigo | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 | 390,34 |
| Soja | 587,62 | 2.215,41 | 587,62 | 2.215,41 | 587,62 | 2.215,41 | 587,62 | 2.215,41 | 587,62 | 2.215,41 | - |
| Área Irrigada (ha) | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 | 8,90 |
| Mão-de-obra sazonal (horas) | - | - | 3,79 | - | 3,79 | - | 3,79 | - | 3,79 | - | - |
| Trabalho familiar sazonal (horas) | 1.000,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 1.200,00 | 200,00 |
| Financiamento de curto prazo | 1.316,15 | 1.888,99 | 1.852,98 | 1.352,17 | 1.698,13 | 1.507,02 | 1.698,13 | 1.507,02 | 1.698,13 | 1.507,02 | 226,43 |
| Cartão de crédito | 2.043,36 | 554,95 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |