

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS NA INDÚSTRIA CITRÍCOLA: UMA  
PROPOSTA DE MODELO DE PLANEJAMENTO INTEGRADO UTILIZANDO  
DINÂMICA DE SISTEMAS**

José Orlando Ferreira

São Carlos, 12 de Dezembro de 2014.

**GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS NA INDÚSTRIA CITRÍCOLA: UMA  
PROPOSTA DE MODELO DE PLANEJAMENTO INTEGRADO UTILIZANDO  
DINÂMICA DE SISTEMAS**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS NA INDÚSTRIA CITRÍCOLA: UMA  
PROPOSTA DE MODELO DE PLANEJAMENTO INTEGRADO UTILIZANDO  
DINÂMICA DE SISTEMAS**

**JOSÉ ORLANDO FERREIRA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutor em Engenharia de Produção.

***Orientador: Prof. Dr. Mario Otávio Batalha***

São Carlos, 12 de Dezembro de 2014.

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

F383gc Ferreira, José Orlando.  
Gestão da cadeia de suprimentos na indústria citrícola :  
uma proposta de modelo de planejamento integrado  
utilizando dinâmica de sistemas / José Orlando Ferreira. --  
São Carlos : UFSCar, 2015.  
194 f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos,  
2014.

1. Sistemas agroindustriais. 2. Dinâmica de sistemas. 3.  
Planejamento integrado. 4. Cadeias agroindustriais -  
coordenação. I. Título.

CDD: 338.1 (20<sup>a</sup>)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

---

**Folha de Aprovação**

---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Tese de Doutorado do candidato José Orlando Ferreira, realizada em 12/12/2014:

---

Prof. Dr. Mario Otavio Batalha  
UFSCar

---

Prof. Dr. Hildo Meirelles de Souza Filho  
UFSCar

---

Prof. Dr. Renaldo Morabito Neto  
UFSCar

---

Prof. Dr. Roberto Max Protil  
UFV

---

Prof. Dr. João Bosco Faria  
UNESP

Agradeço aos meus pais, Denize e Wilson, que me mostraram a importância em aprender sempre, e pelo apoio que sempre me deram desde meu primeiro momento de vida.

Agradeço a minha esposa Eloísa Alves Toledo Ferreira, pelo apoio e compreensão nestes anos de “tão pouco tempo”.

Aos meus filhos Eduardo, Henrique e Beatriz, que apesar de ainda pequeninos, souberam entender e me ajudar nesta caminhada.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todas as pessoas, as empresas e as instituições que, de alguma forma, contribuíram para concretizar este trabalho, de modo especial:

Ao meu orientador, Prof. Dr. Mario Otávio Batalha, orientador e grande incentivador, pela confiança, receptividade, paciência e apoio.

Aos Srs. Antônio Alberto Stuchi e Eduardo Calichman, diretores da Raízen Energia S/A, pelo apoio, compreensão e dedicação no desenvolvimento e formação de pessoas.

Aos professores e colaboradores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos pela enorme atenção e compreensão que me dispensaram nestes anos, em especial, a Cristiane e ao Robson, sempre dispostos a ajudar.

Às pessoas, às empresas e às instituições, as quais gentilmente concederam parte de seu tempo e de seus conhecimentos e ajudaram a construir este trabalho, pois, sem eles, isto não seria possível.

Ao Dr. Jean Carlos Domingos por ter contribuído significativamente com apoio técnico em dinâmica de sistemas.

Aos Professores, Dr. Hildo, Dr. José Flávio e Dr. Sérgio, por dedicarem seu tempo e por todas as observações e recomendações sugeridas para a melhoria deste trabalho.

Aos colegas de pós-graduação e do GEPAI: Robson e Fabrício, pelo convívio e pela troca de conhecimentos.

Aos meus pais *in memoriam* e as minhas irmãs, a Eloisa e aos meus filhos pela compreensão pelo tempo restrito e distância geográfica.

Aos meus amigos pelo constante incentivo.

Aos Membros da Banca, pela participação e enormes contribuições dadas a este trabalho.

A Deus por me presentear com esta oportunidade.

**Às vezes é preciso parar e olhar para longe, para podermos enxergar o que está diante de nós.**

**(John Kennedy)**

## RESUMO

Sistemas de coordenação adequados são vitais à competitividade sustentada dos sistemas agroindustriais. Apesar disso, alguns sistemas agroindustriais apresentam sérias deficiências em planejamento integrado, gerando disputas acirradas entre os seus agentes, os quais podem levar, em muitos casos, a perdas de competitividade. O sistema agroindustrial da laranja, que tem uma importância significativa como setor gerador de divisas e de empregos, não somente no Brasil, mas em diversos outros países, tem enfrentado sérios problemas de competitividade. As ameaças de doenças, tendo o “*greening*” como a principal, bem como a constante competição por terras com o sistema agroindustrial da cana-de-açúcar, têm levado o denominado "cinturão citrícola" a mover-se cada vez mais para o Sul do Estado de São Paulo. Esta situação tem levado a um aumento de custos e de perdas de eficiência e produtividade ao longo da cadeia como um todo. A citricultura brasileira deve buscar em caráter de urgência soluções que possam não somente trazer a perenidade ao negócio, mas também como a uma questão mais crítica: a sua própria sobrevivência. Assim, este trabalho tem como objetivo principal verificar se mecanismos de planejamento integrado, envolvendo a produção no campo e a indústria citrícola, podem melhorar o desempenho competitivo deste SAI. Um modelo utilizando dinâmica de sistemas foi desenvolvido para avaliar esta hipótese. O método de pesquisa utilizado foi o hipotético dedutivo, tendo as informações sido coletadas através de entrevistas pessoais e questionários semiestruturados com os agentes do setor. O modelo foi aplicado na parte da cadeia de produção citrícola que envolve os elos da produção agrícola e de processamento industrial. Os resultados do modelo desenvolvido demonstraram que existem ganhos potenciais expressivos de desempenho, refletidos no aumento da margem de EBITDA do lado do processamento industrial e do lucro líquido por hectare e do preço da caixa de laranja do lado da produção agrícola, se estes se coordenarem para realizarem planejamentos integrados de produção safra a safra.

**Palavras-chave:** Dinâmica de Sistemas. Sistemas Agroindustriais. Planejamento Integrado. Coordenação na Citricultura.

## **ABSTRACT**

Suitable coordination systems are crucial to the sustained competitiveness of agribusiness systems. Nevertheless, some agribusiness systems have serious deficiencies in their integrated planning, generating with negative disputes between the members in the chain, which can lead in many cases to the loss of competitiveness. The orange agribusiness system, which has a significant importance as a currency generator and employment, not only in Brazil but also in many other countries, has faced serious problems of competitiveness. Disease threats, particularly, with the "greening" as the most critical, additionally the continuous competition for land with the sugarcane agribusiness system, have led the so-called "citrus belt" moving increasingly towards the southern state of São Paulo. This situation has led to increased costs and reducing the productivity and efficiency throughout the whole chain. The Brazilian citrus industry should search for urgent solutions, which cannot only bring longevity to the business, but also as a more critical issue: their own survival. Thus, this study aims to verify whether the gradual introduction of new varieties of orange and the development of a model of integrated planning within the technical of system dynamics can contribute to improve the performance and the competitiveness of this agribusiness system. The research method used was deductive hypothetical with the necessary information was gathered through semi-structured questionnaires and personal interviews with agents in the sector. The model was applied to the part of the citrus production chain, which covers the members of agricultural production and industrial processing. The results of the developed model showed that there are significant potential gains in performance, reflected in the increased EBITDA margin on the industrial processing side and in the net income per hectare and the price of the orange box on the agricultural production side, if they established together an integrated planning of production, crop-season to crop-season.

**Keywords:** Systems Dynamics. Agribusiness Systems. Integrated Planning. Coordination in Citrus.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Gestão da Cadeia de Suprimentos .....	27
Figura 02 - Evolução na Gestão da Cadeia de Suprimentos .....	28
Figura 03 - Elementos básicos de um modelo genérico de estoque e fluxo .....	46
Figura 04 - Exemplo de fluxo d'água na banheira .....	47
Figura 05 - Tela de acesso <i>iThink</i> .....	49
Figura 06 - Tela de desenvolvimento do modelo - <i>iThink</i> .....	50
Figura 07 - Tela de equações do modelo - <i>iThink</i> .....	50
Figura 08 - Níveis de análise do sistema agroindustrial .....	55
Figura 09 - O Sistema Agroindustrial Citrícola no Brasil .....	56
Figura 10 - Sistema FMC de extração de suco .....	78
Figura 11 - Cinturão citrícola .....	81
Figura 12 - Tabelas e gráficos de indicadores para geração de cenários .....	94
Figura 13 - Detalhe do modelo relacionado à Produção Agrícola (variedades) .....	97
Figura 14 - Detalhe do modelo relacionado aos Itens Ponderados .....	101
Figura 15 - Detalhe do modelo relacionado ao "bloco custos" .....	104
Figura 16 - Detalhe do modelo relacionado ao "bloco subprodutos" .....	107
Figura 17 - Detalhe do modelo no ponto de interseção entre os agentes do SAI ..	108
Figura 18 - Detalhe do modelo relacionado aos Indicadores Chave do SAI da Laranja .....	110

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Cadeia Invertida .....	30
Quadro 02 - Custos de produção da caixa de laranja na safra 09/10 .....	58
Quadro 03 - Participação da laranja na produção de sucos e néctares .....	59
Quadro 04 - Evolução da produção de laranjas no Brasil e no mundo .....	60
Quadro 05 - Distribuição das Variedades na Safra .....	65
Quadro 06 - Oscilações nos preços do FCOJ e da caixa de laranja .....	69
Quadro 07 - Resumo da proposta Consecitrus .....	76
Quadro 08 - Distribuição proposta das variedades durante as safras.....	122
Quadro 09 - Variáveis alteradas para criação dos cenários “B” e “C”.....	131

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Custos médios por tonelada de FCOJ .....	79
Tabela 02 - Preços históricos de FCOJ .....	80
Tabela 03 - Comparativo de produtividade das variedades .....	118
Tabela 04 - Distribuição percentual das variedades de laranja durante as safras.	120
Tabela 05 - Rendimento de FCOJ esperado para cada variedade de laranja .....	125
Tabela 06 - Rendimentos e preços dos Subprodutos .....	126
Tabela 07 - Relação dos custos da Produção Industrial .....	128
Tabela 08 - Resultados da simulação do modelo: Cenário "A" .....	129
Tabela 09 - Resultados da simulação do modelo: Cenário "B" .....	134
Tabela 10 - Resultados da simulação do modelo: Cenário "C" .....	135
Tabela 11 - Comparativo entre os três cenários gerados pelo modelo .....	136

## LISTA DE SIGLAS

Abrasucos	Associação Brasileira das Indústrias de Sucos Cítricos
Associtrus	Associação Paulista de Citricultores
CACEX	Carteira de Comércio Exterior do Banco do Brasil
CADE	Conselho Administrativo de Defesa Econômica
CAI	Complexo Agroindustrial
CAPEX	<i>Capital Expenditure</i> (despesas de capital)
CitrusBR	Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos
Consecana	Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo
Consecitrus	Conselho dos Produtores de Laranja e da Indústria de Suco de Laranja
CPA	Cadeia de Produção Agroindustrial
CPP	<i>Citrus Pulp Pellets</i> (Farelo de Casca de Laranja)
CSA	<i>Commodity System Approach</i>
CVC	Clorose Variegada dos Citros
DS	Dinâmica de Sistemas ( <i>System Dynamics</i> )
DSS	<i>Decision-Support Systems</i>
EBITDA	<i>Earnings Before Interest, Tax, Depreciation and Amortization</i> (Lucro Antes de Juros, Impostos, Depreciação e Amortização)
ECT	Economia de Custos de Transação
FAESP	Federação da Agricultura do Estado de São Paulo
FCOJ	<i>Frozen Concentrate Orange Juice</i> (Suco de Laranja Concentrado e Congelado)
FOC	<i>Frozen Orange Cells</i> (Células Congeladas de Laranja)

Fundecitrus	Fundo de Defesa da Citricultura
GCS	Gestão da Cadeia de Suprimentos ( <i>Supply Chain Management</i> )
HLB	<i>Huanglongbing (greening)</i>
MAPA	Ministério da Agricultura, da Pecuária e do Abastecimento
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
MSC	Morte Súbita dos Citros
NEI	Nova Economia Institucional
NFC	<i>Not from Concentrated</i> (suco integral)
PDP	Processo de Desenvolvimento de Produto
SAI	Sistema Agroindustrial
SCM	<i>Supply Chain Management</i> (Gestão da Cadeia de Suprimentos)
SCT	<i>Supply Chain Thinking</i>
SRB	Sociedade Rural Brasileira
USDA	<i>United State Department of Agriculture</i>
USEP	Unidades Socioeconômicas de Produção
VCT	<i>Value Chain Thinking</i>
WESOS	<i>Water Extracted Soluble Orange Solids</i> (sólidos secundários da laranja)

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	18
1.1. Contextualização do tema e definição do problema de pesquisa .....	18
1.2. Objetivos .....	23
1.3. Justificativa e Relevância do Trabalho .....	23
1.4. Estrutura do Trabalho .....	24
2. GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS .....	26
2.1. Coordenação da Cadeia .....	32
3. SIMULAÇÃO E DINÂMICA DE SISTEMAS .....	36
3.1. Simulação Computacional .....	48
3.2. Uso da Dinâmica de Sistemas .....	51
4. O SISTEMA AGROINDUSTRIAL DA LARANJA .....	55
4.1. Tecnologia .....	60
4.2. Relações de Mercado .....	68
4.3. Infraestrutura e Insumos .....	81
4.4. Relação entre produção agrícola e industrial .....	83
5. METODOLOGIA DO TRABALHO .....	87
6. APRESENTAÇÃO DO MODELO .....	94
6.1. Produção Agrícola .....	96

6.2. Produção Industrial .....	102
6.3. Indicadores-Chave do SAI da Laranja .....	108
6.4 Validação .....	112
7. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	115
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	137
8.1. Limitações do Estudo .....	140
8.2. Sugestões para Pesquisas Futuras .....	141
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	143
APÊNDICE A .....	151
APÊNDICE B .....	154
APÊNDICE C .....	157
APÊNDICE D .....	158
APÊNDICE E .....	170
APÊNDICE F .....	182
APÊNDICE G .....	194

# 1. INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta uma síntese do trabalho desenvolvido com a contextualização do tema, a definição da questão que norteia o seu desenvolvimento e dos objetivos gerais e específicos, além das justificativas e da delimitação do escopo do trabalho. Ao final é apresentado como este trabalho está organizado.

## 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA E DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

A utilização de análises e ações com enfoque sistêmico, aliados a uma coordenação adequada das cadeias de produção, tem se mostrado um caminho adequado na busca de soluções aos problemas relacionados à competitividade destes sistemas produtivos.

Dois corpos teóricos, gestados e aplicados em espaços temporais próximos, mas sujeitos a especificidades locais diferentes, impulsionaram a aplicação de estudos sistêmicos voltados ao agronegócio. O primeiro deles nasceu nos Estados Unidos a partir dos estudos de Davis e Goldberg em 1957 (BATALHA, 2009). Estes dois autores definiram e cunharam o termo *agribusiness*, aplicando-o ao estudo de alguns sistemas de produção de *commodities* agrícolas (*commodity system approach*). O segundo surgiu na década de 1960 na França, impulsionado principalmente pelos estudos de Malassis. Neste caso, ganhou força o conceito de sistema agroalimentar e as suas ferramentas privilegiadas de análise e intervenção: *as analyses de filière et de production* (BATALHA, 2009).

Estes dois conjuntos de ideias se assemelham no que diz respeito à necessidade de situar as análises das dinâmicas competitivas dos setores agropecuários em um contexto mais amplo que envolva seus clientes e fornecedores, bem como os clientes dos seus clientes e os fornecedores dos seus fornecedores. Esta aproximação de perspectivas e propósitos não deve encobrir o fato de que estas duas propostas analíticas divergem no que diz respeito à

importância explicativa que assume cada um dos conjuntos de atores socioeconômicos na mecânica de funcionamento dos sistemas agroindustriais de produção. Além disso, não se pode deixar de mencionar que a preocupação central e inicial dos pesquisadores americanos sempre foi a de entender o comportamento dos seus mercados de *commodities*, ao passo que os europeus, notadamente os franceses, sempre colocaram os mercados de produtos finais no centro de suas atenções.

Do ponto de vista das empresas que participam das cadeias agroindustriais, é importante entender a forma pela qual se articulam as suas competências essenciais e as suas estratégias de competição. Assim, a gestão da cadeia de suprimentos se dá, dentre outros, também pela abordagem interfuncional e Inter companhia que caracterizam um projeto integrado de desenvolvimento de produto (PDP). A gestão da cadeia deve ter como premissa favorecer o alinhamento da competência central com a estratégia compartilhada, o que deve levar a consolidação do produto no mercado (BORNIA e LORANDI, 2008).

Definida a importância de se adotar uma ótica sistêmica, refletida em um comportamento estratégico que considere mecanismos de planejamento integrado ao longo da cadeia produtiva, resta o desafio de encontrar ferramentas teóricas que sejam capazes de fornecer resultados empíricos que apontem as vantagens deste planejamento integrado. É neste ponto que o ferramental de análise desenvolvido no âmbito da área de DS - Dinâmica de Sistemas (ou do inglês *System Dynamics*) pode ser muito útil para estudar o comportamento sistêmico dos sistemas agroindustriais. Suas ferramentas analíticas permitem gerar simulações e avaliar empiricamente as premissas teóricas formuladas por pesquisadores que consideram que uma coordenação sistêmica adequada pode aumentar a competitividade de um dado sistema de produção. A disseminação mais intensa de estudo da dinâmica de sistemas produtivos pode ser atribuída a Jay Forrester. Foi este pesquisador que lançou as bases desta disciplina no seu livro *Industrial Dynamics* de 1961 (STERMAN, 2000). A partir dos anos 80 e, mais acentuadamente a partir dos anos 90 (pode-se adotar como marco o lançamento do livro *A Quinta Disciplina*), houve um aumento considerável no número de publicações sobre o assunto (SENGE, 1994). A dinâmica de sistemas tem sido usada na modelagem de diversos tipos de

sistema, em particular de sistemas produtivos e mais especificamente de cadeias produtivas (SCRAMIM, 2004).

Fazer com que um produto avance da produção rural até o prato, o tanque de combustível ou a roupa do consumidor, exige decisões em vários níveis das cadeias agroindustriais. Pode-se afirmar que uma melhor coordenação nestas decisões tem o potencial de aumentar os ganhos de toda a cadeia. Com isso, é possível que se obtenha um melhor desempenho de algumas de suas variáveis, como, por exemplo, diminuição de estoques de produtos acabados, redução no volume e diversidade de bens intermediários e matérias primas; diminuição da flutuação na demanda de insumos de um elo da cadeia etc.

O desenvolvimento da tecnologia de informação e mudanças nos processos de negócios de produtores, distribuidores e consumidores levaram a uma relativização paulatina do preço como mecanismo de coordenação das cadeias agroindustriais. Atualmente as informações que os agentes trocam para estabelecerem suas estratégias vão muito além de informações de preço. Outras informações tais como novas tecnologias, níveis de estoque, necessidades e mudanças de mercados, podem ser compartilhadas entre os membros da cadeia produtiva (BATISTA FILHO, 2001).

A GCS (Gestão da Cadeia de Suprimentos), do inglês *Supply Chain Management*, pode contribuir e ao mesmo tempo se apropriar dos conhecimentos em dinâmica de sistemas aplicados ao estudo dos sistemas agroindustriais de produção. Premissas da GCS reforçam a importância das organizações, em um sistema agroindustrial (SAI) específico, trocarem continuamente recursos e informações de forma alinhada e com objetivos concertados. O grande objetivo para todos deve ser a geração de valor obtido em um ambiente concorrencial, porém coordenado (BATALHA e SILVA, 1999). Embora esta afirmação seja aparentemente paradoxal, ela pode ser vislumbrada e sustentada em práticas cooperativas entre redes de agentes de um dado SAI.

É comum, em situações de incerteza, as empresas se esforçarem na busca de maior colaboração dentro da cadeia de suprimentos, visando alavancar recursos e conhecimentos juntos a seus fornecedores e clientes. Os resultados indicam que a esta colaboração pode melhorar a vantagem competitiva e o desempenho da empresa, mitigando os riscos nas cadeias de suprimento. A

colaboração, mantendo-se a independência e competição entre as empresas, é importante por proporcionar sinergias e criar patamares de desempenho superior. Os ganhos que a colaboração pode trazer para o desempenho das pequenas empresas parecem ser maiores do que aqueles que ela poderia proporcionar a empresas de médio e grande porte (CAOA e ZHANGB, 2011).

Esta tese tem como principal pressuposto teórico que a introdução gradativa de novas variedades de laranja e o desenvolvimento de um modelo de planejamento integrado elaborado dentro da técnica de dinâmica de sistemas aumenta o desempenho do SAI da laranja. Este mesmo conceito pode ser estendido também a outros SAIs. A melhora nos indicadores-chave de desempenho pode trazer como reflexo um aumento na sua competitividade. Os resultados empíricos que análises em termos de dinâmica de sistemas podem extrair do estudo de casos de cadeias de suprimentos agroindustriais permitiriam comprovar este pressuposto. Assim, pretende-se que uma cadeia de suprimentos bem coordenada possibilita um melhor desempenho do conjunto de seus integrantes. Formas de analisar eventuais melhorias neste desempenho envolvem, dentre outras possibilidades, a avaliação temporal de indicadores econômicos-financeiros, tais como: a margem de EBITDA (*Earnings Before Interest, Tax, Depreciation and Amortization* ou Lucro Antes de Juros, Impostos, Depreciação e Amortização), o lucro líquido por hectare e o preço da caixa de laranja.

Assim, parece claro que a definição de mecanismos de coordenação que busquem melhores resultados de competitividade para o sistema não possa prescindir de mecanismos conjuntos de planejamento e comercialização da produção. Ajustes nos mecanismos de interação exclusivamente comerciais podem não ser suficientes para garantir o melhor desempenho de um dado sistema produtivo. Sem querer entrar na questão de se os ajustes comerciais são ao mesmo tempo causa e consequência de novos arranjos produtivos, pode-se pensar que eles devem caminhar *pari passu* com eventuais mudanças na lógica de produção dos agentes socioeconômicos envolvidos no processo. De qualquer forma, parece incontestável que o planejamento comum das operações de produção, comercialização e distribuição possui o potencial de melhorar a coordenação das cadeias e, desta forma, como já mencionado, incrementar a sua competitividade sustentada.

O raciocínio desenvolvido até aqui permite formular as seguintes questões:

- O uso de um modelo de planejamento integrado entre a produção agrícola e agroindústrias, que contemple as novas variedades e aspectos tecnológicos, aumentaria os ganhos financeiros do conjunto da cadeia produtiva?

- Modelos que utilizam dinâmica de sistemas podem ser utilizados para avaliar os eventuais ganhos advindos do planejamento integrado de produção agrícola e processamento industrial?

Este trabalho pretende demonstrar que modelagens em termos de dinâmica de sistemas, são capazes de representar a estrutura de produção de cadeias de produção agroindustriais. Esta forma de modelagem permitiria a construção de modelos matemáticos com capacidade de fornecer resultados da simulação de alterações nesta mesma estrutura. Desta forma, modificações na estrutura de produção agrícola podem ter impacto nos custos e volumes de produção da parte industrial da cadeia, o que seria apreendido por equações diferenciais em modelos de simulação de sistemas dinâmicos.

O SAI da laranja foi o escolhido para explorar esta questão do ponto de vista da comprovação empírica das questões enunciadas anteriormente. O SAI da laranja tem conhecidos problemas de coordenação e planejamento integrado entre produtores rurais e agroindústrias. A relação de confiança entre estes dois agentes da cadeia é tênue, sendo que na maioria das vezes eles estabelecem relações comerciais bastante conflituosas. Como será visto mais a frente, esta situação tem trazido prejuízos para todo o sistema. Convém lembrar que o Brasil, seguido pelos Estados Unidos, é o principal produtor e exportador mundial de suco de laranja e seus subprodutos. As geadas, que assolaram a citricultura da Flórida na década de 1960, propiciaram ao Brasil atingir esta posição (GABAN, 2008).

## 1.2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como **objetivo principal** verificar se mecanismos de planejamento integrado que contemplem a introdução e a distribuição de novas variedades de laranja ao longo das safras podem melhorar o desempenho do SAI da laranja e, desta forma, aumentar sua competitividade.

O objetivo principal está ligado aos seguintes **objetivos específicos**:

- Desenvolver um modelo em dinâmica de sistemas que contemple não apenas as relações comerciais entre os agentes, mas também inovação, tecnologia e maximização de indicadores chave do SAI como um todo.
- Construir três cenários dinâmicos de longo prazo que permitam avaliar o desempenho do SAI em condições diversas de funcionamento.

## 1.3. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TRABALHO

Um modelo de simulação que permita testar diferentes arranjos produtivos que melhorem o desempenho do SAI Citrícola pode auxiliar no aumento da competitividade do mesmo. Este fato é relevante na medida em que o setor atualmente é responsável por mais de 200 mil empregos diretos e indiretos gerando divisas acima de US\$ 6,0 bilhões por ano (CITRUSBR, 2013).

Este setor vem sendo seriamente ameaçado pelo aumento do consumo de produtos substitutos, como os sucos de outras frutas, águas saborizadas, refrigerantes, néctares etc. Além disso, a produção de laranja vem perdendo espaço nas suas principais áreas de cultivo para outras culturas, vistas como sendo mais lucrativas e de menor risco no campo. A cana-de-açúcar, por exemplo, vem ganhando espaços tradicionalmente ocupados pela laranja. Os custos de produção da laranja têm aumentado substancialmente devido às pragas que vêm afligindo os pomares nos últimos anos. Neste contexto, retomar a empreender ações

que possam levar o setor a repensar sua estrutura produtiva como forma de aumentar sua competitividade é muito oportuno.

Outra possibilidade interessante de aplicação do modelo é o seu uso como ferramenta de apoio à precificação dos vários produtos e subprodutos do sistema. O modelo permite simular os resultados das variações de custos de matérias-primas, mão de obra, tratamentos culturais etc., e de receitas advindas da venda de suco de laranja e seus subprodutos, nas margens de lucros dos principais agentes do sistema.

Do ponto de vista teórico há uma lacuna a ser preenchida tendo-se em vista que a coordenação dos SAI entre os seus agentes da cadeia ocorre, normalmente, via relações comerciais (preço da caixa de laranja). Modelos que contemplem aspectos de engenharia, considerando também inovação, tecnologia e maximização de indicadores chave do SAI como um todo, dentro de um planejamento integrado, podem ser mais efetivos na melhoria da coordenação e, desta forma, aumentar a competitividade das cadeias agroindustriais.

Outra lacuna interessante é que os modelos de simulação na técnica de dinâmica de sistemas não têm sido suficientemente explorados como ferramenta de suporte a coordenação das cadeias agroindustriais de suprimentos. Com isso, parece ser oportuno o desenvolvimento de modelos que contemplem o maior número possível de aspectos do sistema agroindustrial, como o desenvolvido neste estudo, o qual inclui a partilha dos ganhos financeiros entre os agentes e com investimentos focados na busca da melhoria no desempenho do SAI mais que apenas de seus agentes isoladamente.

A escolha ou adoção desta estratégia metodológica deve-se pela hipótese dinâmica em que a variável tempo é relevante. A opção por dinâmica de sistemas está relacionada a necessidade de uma avaliação dinâmica e não estática.

## **1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO**

Este trabalho foi elaborado em oito capítulos e sete apêndices. No primeiro capítulo é feita uma introdução sobre o trabalho, incluindo os objetivos e a justificativa, bem como a relevância do mesmo.

No segundo capítulo é feita uma revisão da literatura relacionada a Gestão da Cadeia de Suprimentos, em que foi identificada uma lacuna relacionada a coordenação e planejamento integrado em Sistemas Agroindustriais. Neste capítulo inclui-se também a importância da integração entre o Projeto de Desenvolvimento de Produtos e o Planejamento e Controle da Produção.

O terceiro capítulo revisa a técnica de dinâmica de sistemas, abrangendo a simulação computacional e os diversos exemplos de usos desta técnica em Sistemas Agroindustriais.

O capítulo seguinte traz aspectos relacionados ao Sistema Agroindustrial da Laranja, foco do estudo. Ele contempla aspectos ligados com a citricultura, iniciativas para a coordenação deste sistema e a importância das variedades de laranja para o seu bom desempenho.

O capítulo quinto descreve a metodologia do trabalho e apresenta a técnica de pesquisa utilizada.

O sexto capítulo apresenta o modelo proposto, ao passo que o sétimo faz uma apresentação e uma análise dos resultados com os devidos comentários.

As considerações finais sobre o trabalho são apresentadas no capítulo oitavo, bem como comentários sobre o alcance dos objetivos propostos. São também abordados os aspectos relacionados às limitações do estudo e sugestões para pesquisa futuras.

Ao final do trabalho estão as referências bibliográficas pesquisadas e os apêndices de A a G.

## 2. GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

A gestão da cadeia de suprimentos pode trazer oportunidades potenciais para as empresas que buscam melhorar seus desempenhos via redução de tempo de entrega e diminuição de preço, sem a perda da qualidade. Ela também pode ser vista como uma ferramenta eficaz que ajuda os tomadores de decisão, os quais combinam vários componentes, incluindo os possíveis resultados de uma cadeia específica durante o processo de integração.

Os anos 80 tinham como características principais: a tecnologia como fator de diferenciação, empresas voltadas para a tarefa/função, busca apenas da eficiência funcional, falta de foco em servir ao cliente, pouca preocupação com a competição, falta de visão do interesse do acionista, falta do conceito de agregação de valor, falta de visão do negócio (HAMMER, 1997).

Já os anos 90 podem ser considerados como tendo sido marcados pelo início da globalização dos mercados, tendo como consequências: a queda de vendas (oferta maior que demanda), a diminuição de lucros e maior competição internacional. Era o fim da era cuja diferenciação era baseada apenas na qualidade de produto e tecnologia mais avançada, para entrar na era da busca na satisfação do cliente, em que: qualidade, custos e serviços passaram a ser vistos sob o prisma dos clientes. O grande desafio passou a ser a obtenção de vantagem competitiva através da satisfação das necessidades dos clientes por produtos e serviços, porém remunerando competitivamente, o capital do acionista.

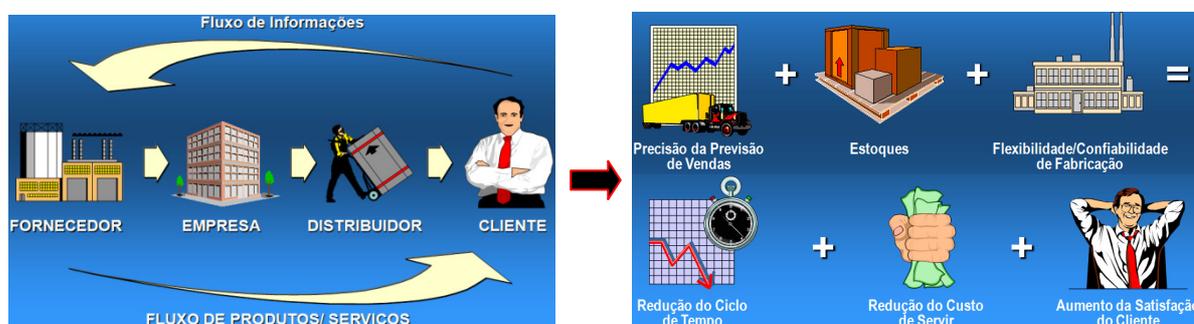
Nos anos 2000, dentro desta nova realidade que se apresentava, as empresas passaram então a desenvolver as seguintes características: operar com recursos cada vez mais escassos (fazer mais com menos), atuar com estratégias e metas de negócio, trabalho em equipe, se era importante tornou-se vital, buscar não somente a eficiência funcional mas sim a do negócio, adotar o conceito de agregação de valor, ter foco em aprimorar o processo de servir ao cliente lutando pelo interesse do acionista, cada vez mais atitude proativa e aprendizado contínuo e predisposição e velocidade de mudança (SLACK *et al.*, 2009).

Uma das respostas a esta nova situação foi o Gerenciamento da Cadeia Integrada de Suprimento da Empresa/Negócio, com análise e compreensão

dos processos de trabalho, quantificação dos seus elementos, aprimoramento das atividades interfuncionais dentro de um processo integrado e, principalmente, sistemas de informação e controle muito mais ágeis e confiáveis. Isso trouxe como principais resultados, aumento na lucratividade e no nível de satisfação dos clientes (CHRISTOPHER, 2009).

Uma boa definição para a cadeia integrada de suprimentos pode ser: uma série de atividades conectadas cobrindo o planejamento, coordenação e controle do fluxo de produtos e serviços desde os fornecedores até os clientes (dois fluxos: de informação das necessidades dos clientes e de produtos e/ou serviços), ou seja, o escopo de Cadeia Integrada de Suprimentos começa na fonte de fornecimento e termina no ponto de consumo.

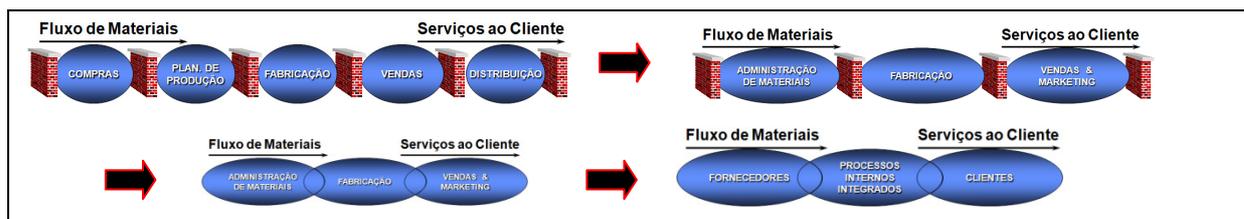
A gestão da cadeia de suprimentos consiste na sincronização e otimização das várias atividades e recursos nos níveis: estratégico, tático e operacional. A GCS também reconhece a existência de ligações entre atividades interrelacionadas e interdependentes, enfoca o balanceamento das capacitações internas da empresa com as necessidades dos clientes, persegue o objetivo de serviços ao cliente e enfoca a maximização de lucratividade (Figura 01).



**Figura 01.** Gestão da Cadeia de Suprimentos.

Fonte: Slack *et al.*, 2009.

O processo de evolução normalmente se dá em três etapas, considerando-se a primeira como o estágio inicial em que se encontram as empresas (Figura 02). Neste estágio inicial as relações são predominantemente funcionais, praticamente separadas por "muros" e com pouca integração.



**Figura 02.** Evolução na Gestão da Cadeia de Suprimentos.

Fonte: Elaboração própria.

Na primeira etapa, começa haver maior visão de processos com algumas atividades sendo consolidadas. Já na segunda etapa, os "muros" são derrubados havendo grandes ganhos em integração interna. A terceira e última etapa do processo de consolidação da gestão da cadeia de suprimentos se dá com a integração completa, expandindo-se para os elos externos à empresa, ligando os fornecedores com a empresa, e esta com seus clientes (CHRISTOPHER, 2009).

Bititci *et al.* (2004), em seu estudo abordam o conceito de valor na coordenação e colaboração dentro da cadeia de suprimentos. É interessante ressaltar que a colaboração deve resultar em uma abordagem unificada para a criação de valor, dentro do conceito ganha-ganha, que deve predominar nas relações, ao invés de competições extremamente predatórias que ainda não são incomuns em algumas cadeias. Nesta revisão da literatura, os autores dão ênfase especial às diferentes transações com geração de valor e a relação das mesmas com as capacidades/competências individuais e coletivas entre os elos envolvidos, ressaltando os seguintes ganhos e benefícios potenciais:

- aumento de *market-share*
- maior utilização dos ativos
- melhor atendimento aos Clientes, com redução em reclamações e prazos de entrega
- compartilhamento e redução de custos com P&D (Pesquisa e Desenvolvimento)
- redução de tempo e de riscos de falhas no desenvolvimento de novos produtos
- gestão do conhecimento compartilhada
- melhor qualidade de produtos
- ganhos e avanços em tecnologia
- ganhos em economia de escala

- redução do nível de estoques
- acesso mais rápido aos mercados

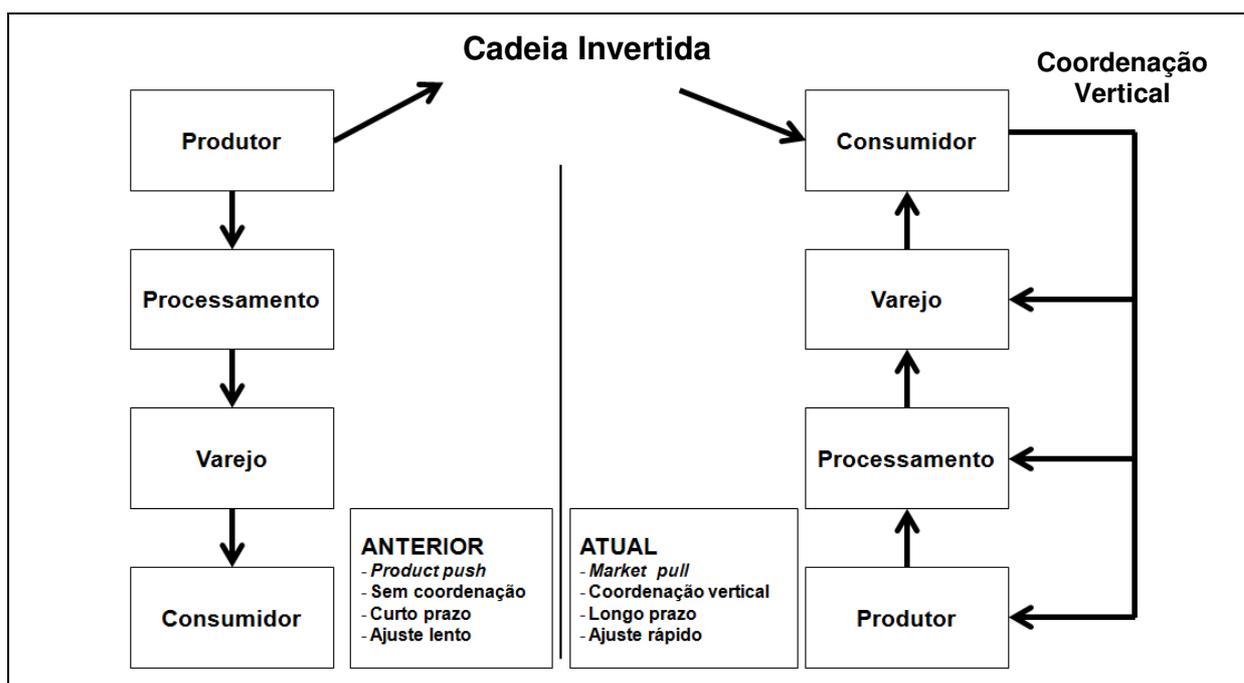
Já do ponto de vista de valor, pode-se dividi-lo em quatro pontos principais: valor para o acionista, valor individual, valor entre os elos e valor para a rede de colaboração. Esta visão de valor é particularmente importante na construção de modelos de coordenação, principalmente como elemento motivador entre os elos envolvidos na cadeia de suprimentos.

Por outro lado, Fearne et al. (2012), em seu estudo sobre dimensões da cadeia de valor sustentável, fazem uma abordagem muito interessante sobre as diversas aplicações de Cadeia de Suprimentos e Cadeia de Valor. Os aspectos principais destacados, são:

- **Objetivos:** enquanto SCT (*Supply Chain Thinking*) busca reduções de custos, aumento de margens e de *market-share*; VCT (*Value Chain Thinking*) foca na agregação de valor e segmentação de mercado com produtos diferenciados para aumentar lucros em todos os estágios da cadeia.
- **Fluxo de Materiais:** enquanto SCT busca ganhos em eficiência, acesso a mercados e incrementos na distribuição; VCT foca na qualidade e agilidade dos serviços baseada na demanda de clientes mais que na utilização da capacidade.
- **Informações:** enquanto na SCT as trocas são restritas a dados transacionais e com alto nível de proteção por ser percebida como fonte de arbitragem; em VCT são compartilhadas por ser percebida como fonte de vantagem competitiva, tendo informações estratégicas compartilhadas entre parceiros confiáveis.
- **Relacionamentos:** enquanto SCT é concorrencial, com foco em eficiência na cadeia de suprimentos, em ganhos em escala e em poder de mercado, para obter e manter termos favoráveis de

comercialização; VCT é colaborativa, com foco na resiliência (não haver quebra de suprimentos) da cadeia e com o compartilhamento na alocação de recursos, nos riscos e nos benefícios.

Folkerts e Koehorst (1997), em seu estudo sobre os desafios globais para a cadeia de suprimentos do agronegócio na Europa, reforçam a necessidade de uma boa coordenação vertical, como sendo essencial para promover e melhorar a posição competitiva da União Europeia, considerando o aumento na competição internacional dentro desta cadeia de suprimentos. Um aspecto muito interessante destacado pelos autores é a importância de se trabalhar na cadeia invertida, em que a rastreabilidade entre todos os elos deve estar rigorosamente sob controle, conforme Quadro 01.



**Quadro 01.** Cadeia Invertida.

**Fonte:** Folkerts e Koehorst, 1997.

Já naquela época os autores consideravam as necessidades de mudança radical na gestão da cadeia de suprimentos, passando a oferta de “orientada para a produção – *product push*” para cadeias “orientadas para o mercado – *market pull*”. Com isso, ficou evidenciada e necessidade de novas

ferramentas, novos métodos e novos conhecimentos para a análise e o gerenciamento da cadeia como um todo.

Uma iniciativa de destaque foi a concepção do “aprender com outras cadeias de suprimentos”, o que abriu o leque de opções e oportunidades de melhorias para o agronegócio europeu. Há grandes dificuldades no Brasil ainda hoje, não somente pela falta de coordenação nas cadeias agroindustriais, entre a produção agrícola e a indústria de primeira transformação, mas também pelo modelo que leva a processar o que a safra gera de matéria-prima. Em especial isso é válido para o SAI de Citrus e também para a cana-de-açúcar; ficando a cadeia orientada pela produção (GABAN, 2008). Em citrus, um modelo “misto”, ou seja, que contemple aspectos relacionados ao mercado, mas que também considere o que a safra irá gerar de matéria-prima, pode significar uma evolução neste processo (MUNHOZ, 2009).

Um estudo realizado por Nitschke e O'Keefe (1997) com pequenos produtores australianos de grãos demonstrou a importância da união deles no aumento do poder de negociação frente as grandes empresas industriais de transformação. Os desafios neste cenário estão nos produtores desenvolverem um sentimento de perda da independência nas negociações com seus clientes, uma vez que para o sucesso deste modelo é necessário que os interesses coletivos, além dos individuais, sejam considerados. Estes autores consideram que um melhor equilíbrio no poder de negociação entre produtores rurais e seus clientes favorece o aparecimento de sinergias, compartilhamento de gastos para ações de interesse coletivo e identificação de benefícios comuns. Assim, o estabelecimento de laços de confiança mútua dentro da cadeia de suprimentos aumenta os benefícios potenciais de ações colaborativas entre os seus agentes. Cabe lembrar que, ainda segundo estes autores, esta confiança é resultado de um processo de experiência e aprendizagem construído ao longo de anos (NITSCHKE e O'KEEFE, 1997).

A relação de confiança dentro dos SAIs é considerada por autores como: Fawcett *et al.* (2004) e Kwon e Suh (2004) como um pré-requisito ao bom desempenho do mesmo. A confiança é considerada condição essencial ao sucesso da cadeia de suprimentos, por aumentar o nível de comprometimento e da transparência nas relações (intra e inter) entre as organizações envolvidas.

## 2.1. COORDENAÇÃO DA CADEIA

Uma boa coordenação da cadeia de suprimentos tipicamente começa com a colaboração efetiva entre os seus agentes. Segundo destacam Matopoulos *et al.* (2007), algumas limitações surgem devido à natureza de produtos da indústria, bem como a estrutura específica do agronegócio. Esta dificuldade é relacionada à complexidade deste setor, pois em questões meramente operacionais, a coordenação da cadeia de suprimentos apresenta poucas limitações.

Estes mesmos autores citam, por exemplo, que a coordenação em nível tático (detalhes de contratação e prazos de entrega) é muito mais efetiva do que quando envolve aspectos de maior complexidade, como o desenvolvimento de novos produtos e demandas da cadeia, e neste caso “eles são incapazes de colaborar”. A interdependência entre os elos da cadeia tem maior importância que o poder, sendo que o processo de construção da confiança mútua, essencial para uma boa colaboração, passa pelo compartilhamento dos riscos e recompensas.

Considerando-se apenas o elemento poder, com o tempo os elos tidos como mais fracos podem simplesmente abandonar o setor e passarem a atuar em outros, enfraquecendo o mesmo como um todo, assim o poder deveria ser também compartilhado entre os elos (na prática isso é pouco provável). Só assim os ganhos para a cadeia de suprimentos com uma boa coordenação podem ser conquistados e mantidos. Matopoulos *et al.* (2007) resumiram estes ganhos em:

- **Suprimentos:** menos tempo gasto na busca de novos fornecedores, melhor gestão considerando-se menor base de fornecedores e maior estabilidade de preços.
  
- **Gestão de Estoques:** menor necessidade de estoque e aumento do uso dos ativos.
  
- **PDP:** maior agilidade, maior compartilhamento de inovação e melhor qualidade.

- **PCP:** menos falhas no suprimento, melhor qualidade e capacidade de resposta.

- **Logística:** entregas mais rápidas e com maior flexibilidade.

- **Vendas:** acesso mais rápido ao mercado, aumento de *market-share*, maior acuidade nas previsões, maior disponibilidade de produtos e menores tempos de entrega.

Uma mudança fundamental na maneira em que as empresas competem está levando a uma nova forma de pensar o agronegócio. Atualmente, ao invés das empresas competirem umas contra as outras, as cadeias de abastecimento é que competem entre si. Compartilhamento de informações eficaz e a capacidade em formar parcerias adequadas e em tempo hábil, aliados a forma também eficaz de atuar como uma única entidade, permitem a algumas cadeias de abastecimento prosperar enquanto outras falham. Assim, pode-se considerar que o principal objetivo da GCS é maximizar valor dentro da cadeia.

Trienekens *et al.* (2008), em um estudo sobre inovação e indicadores de desempenho para a cadeia de abastecimento de frutas na Europa, evidenciaram a necessidade de maior atenção à coordenação entre os elos da cadeia. Também foram evidenciados diversos outros aspectos relacionados à gestão da cadeia de suprimentos. Estes aspectos levantados por Trienekens *et al.* (2008), apesar do modelo desenvolvido ter por base indicadores de desempenho, tinham como foco apenas relacionamentos contratuais, deixando, porém, ainda em aberto pontos ligados ao aprimoramento da cadeia.

Gaban (2008) elaborou um estudo comparando as cadeias de citrus no Brasil, mais especificamente no cinturão citrícola, e Estados Unidos (Flórida). As diferenças são nítidas e já começam pela abertura, ou seja, na Flórida o acesso a informações foi muito fácil, havendo, inclusive, contribuições adicionais na busca pelos dados e informações do modelo desta cadeia. Já no cinturão citrícola de São Paulo (que inclui o sul de Minas Gerais), o acesso às informações é praticamente inexistente: as empresas são tipicamente fechadas e o governo dispõe de poucos dados práticos.

Foi sugerido pelo estudo realizado por Gaban (2008) um sistema de controle similar ao da Flórida, em que o Departamento de Agricultura (USDA) exerce um grande controle até mesmo dentro das fábricas, e que cobre não somente as empresas, mas também a produção agrícola. Destaca-se também, a restrição a verticalização - por exemplo: a produção etanol deve ser conduzida por outra empresa, que adquire o melaço da processadora de citrus - e o controle na qualidade do suco importado, classificando-o em "*Grade A*" ou "*Grade B*", o que impacta diretamente no preço a ser pago ao exportador. A aplicação deste mesmo modelo no Brasil teria como barreiras potenciais: o baixo nível de confiança, o foco do Brasil ser exportação havendo diferentes níveis de *ratio* (relação entre açúcares e ácidos que indica nível de maturação dos frutos) a atender, dentre outros.

É comum haver situações de conflito entre exportadores e USDA, em função de resultados de análise sensorial (relacionada ao sabor do suco), devido aos seus aspectos fortes de subjetividade na avaliação do suco, levando a uma classificação "*Grade B*" pelo USDA, quando foi avaliada como "*Grade A*" pelo exportador. A própria análise de defeitos, também traz aspectos subjetivos na classificação do suco. Cabe destacar que o suco "*Grade A*" tem valores maiores que "*Grade B*" por ter melhor cor, sabor e menor níveis de defeitos (pontos pretos e/ou brancos).

### ***A IMPORTÂNCIA DA INTEGRAÇÃO PDP E PCP***

Problemas na interação entre PDP (Projeto de Desenvolvimento de Produto) e PCP (Planejamento e Controle da Produção) têm sido considerados por Andrade *et al.* (2010) como empecilhos ao melhor desempenho e competitividade das empresas. Estes autores destacam as possibilidades de ganhos em competitividade a cadeia de suprimentos a partir da boa integração entre o PDP e o PCP dentro da organização. Estas possibilidades de melhoria em desempenho são ainda pouco exploradas pelas empresas, apesar dos ganhos em competitividade advindos serem significativos.

Andrade *et al.* (2010) destacam ainda que o uso das boas práticas de gestão e o alinhamento dos processos de negócio da companhia, atentando para os aspectos estratégicos e para o estabelecimento de uma boa coordenação interna e

externa, facilitariam a integração entre as áreas e a obtenção de melhores resultados em termos de eficiência e eficácia do PDP e do PCP da empresa.

Batalha (2009), por outro lado, destaca que o Projeto de Desenvolvimento de novo Produto envolve praticamente todos os departamentos de uma empresa, englobando fatores tecnológicos, econômicos e ambientais. É um processo que visa capturar as oportunidades de mercado em ideias e as transformar em modelos físicos prontos para serem testados.

Para uma empresa ser competitiva deve-se entender muito bem a forma pela qual se articulam a competência essencial e a estratégia empresarial. “Assim, o gerenciamento da cadeia através da abordagem interfuncional e Inter companhia do PDP, o qual tenha como pressuposto básico para a consolidação do produto no mercado as variáveis funcionalidade, qualidade e custos, deve propiciar o alinhamento entre competência central e estratégia compartilhada, através da implantação do Processo de Desenvolvimento do Produto canalizado, de forma a alcançar a excelência da cadeia” (BORNIA e LORANDI, 2008, p.36).

Slack *et al.* (2009) destacam que um bom projeto de um produto ou serviço melhora a competitividade da organização, por satisfazer aos consumidores, atendendo suas expectativas atuais e/ou futuras.

Neste trabalho de pesquisa a integração PDP ⇔ PCP pode auxiliar em atingir os resultados esperados. Isso porque, se por um lado existe a necessidade de se desenvolver novas variedades com características de qualidade e produtividade melhores, por outro há necessidade de um bom planejamento para que a distribuição e o processamento das mesmas se deem no período ideal. Atenção deve ser dada aos produtores agrícolas que atuam no mercado spot, uma vez que pode haver um declínio com o tempo ou o seu deslocamento para o mercado de fruta fresca.

Um modelo dinâmico que possa contemplar todos os aspectos até aqui abordados poderia ser considerado. Dentro deste contexto, a técnica de dinâmica de sistemas demonstra ser uma boa opção.

### 3. SIMULAÇÃO E DINÂMICA DE SISTEMAS

A pesquisa operacional é uma ciência aplicada voltada para a resolução de problemas reais. Foi criada na Segunda Grande Guerra para ajudar na solução de problemas complexos de logística e de estratégia militar. Surgiram grupos compostos por: matemáticos, físicos, engenheiros e cientistas sociais, os quais desenvolveram a proposta de gerar modelos matemáticos, apoiados em dados e fatos, que possibilitassem antecipar e solucionar problemas, simulando resultados para a tomada de decisões (ANDRADE, 2004).

A pesquisa operacional tem seu foco na tomada de decisões e é usada para avaliar alternativas e encontrar as soluções que possibilitem atingir aos objetivos das organizações. Assim, aplica conceitos e métodos de várias áreas científicas na concepção, planejamento ou operação de sistemas.

O sucesso obtido na Segunda Guerra Mundial, levou as empresas a fazerem uso da pesquisa operacional na solução de problemas complexos. A diversidade e o número de aplicações continuam crescendo de forma rápida. Grandes desenvolvimentos técnicos e metodológicos, com o apoio de meios computacionais, permitem trabalhar com quantidades enormes de dados.

As principais técnicas de pesquisa operacional, as quais têm sido aplicadas com sucesso, são: **programação linear** (usada na solução de problemas de alocação de pessoal, mistura de materiais, distribuição, transporte, carteira de investimento, avaliação da eficiência); **programação dinâmica** (usada no planejamento de despesas de publicidade, distribuição do esforço de vendas e programação de produção); **teoria das filas** (usada em tráfego, máquinas de serviços sujeitas à quebra, determinação do nível de uma força de serviço, programação do tráfego aéreo, projetos de represas, programação de produção e operação de hospitais); **programação inteira** (usada em investimento); **programação mista**; **programação não linear**; **programação multi-objetivo**; **goal programming**; **teoria de estoque**; **teoria dos jogos** e **simulação** (ANDRADE, 2004).

Pidd (1996) descreve cinco princípios básicos na elaboração de sistemas de modelagem:

- Construir modelos simples mesmo se os sistemas forem complexos.
- Começar pequeno e incrementar o modelo aos poucos.
- Evitar a construção de megamodelos.
- “Não se apaixonar” pelos dados.
- Construir modelo possa levar o analista a sentir-se parte dele.

É importante atentar também para as diferentes classificações propostas para os modelos de simulação. É comum os modelos serem divididos em: determinísticos, estocásticos, estáticos e dinâmicos.

- Modelos Determinísticos: não se permite as variáveis exógenas e endógenas serem randômicas. As características operacionais devem ser relações exatas e não funções de probabilidade. Os modelos determinísticos são computacionalmente menos exigentes que os modelos estocásticos. Estes modelos podem frequentemente ser resolvidos por técnicas como a do cálculo de máximos e mínimos (técnica analítica).

- Modelos Estocásticos: pelo menos uma das características operacionais é dada por uma função de probabilidade. Geralmente são mais complexos que modelos determinísticos. Deste modo, a simulação é mais adequada como método de análise e solução para os modelos estocásticos. Estes modelos são adequados à geração randômica de dados para serem utilizados nos estágios de observação ou de testes.

- Modelos Estáticos: não consideram a variável de tempo. Em pesquisa operacional, a maioria dos trabalhos nas áreas de programação linear, não linear e na teoria dos jogos, tem sido relacionada com modelos estáticos. No entanto, segundo Menner (1995), o uso de simulação pode não ser recomendado pelo fato de que a maioria dos modelos estáticos são completamente determinísticos.

- Modelos Dinâmicos: são modelos matemáticos que tratam de interações variáveis com o tempo (ocorrência de uma ordem temporal entre eventos).

Para esta tese foi desenvolvido um modelo em dinâmica de sistemas. Este tipo de modelagem apresenta alguns pontos positivos importantes.

- **Modelagem baseada em agentes:** o sistema é modelado como uma coleção de entidades autônomas com capacidade de decisão, são os chamados agentes. No nível mais simples, um modelo baseado em agentes consiste de um sistema de agentes e as relações entre estes (BONABEAU, 2002). Estes modelos tentam criar “micromundos” em um computador com o objetivo de determinar como as interações e comportamentos dos vários agentes individuais produzem determinada estrutura e padrão de comportamentos. Macal e North (2006) descrevem cinco passos para a elaboração destes modelos: identificar os tipos de agentes e seus atributos; definir o ambiente no qual os agentes irão habitar e interagir; especificar os métodos pelos quais os atributos dos agentes serão atualizados em resposta às interações entre agentes e entre agentes e ambiente; adicionar os métodos que controlam que agentes interagem, quando interagem, e como interagem durante a simulação; e implementar o modelo de agentes em um sistema computacional.

- **Simulação orientada a eventos:** o sistema é modelado pela definição das mudanças que ocorrem no tempo. O desafio na elaboração do modelo está na determinação dos eventos que podem causar a mudança no estado do sistema e então desenvolver a lógica associada com cada tipo de evento. A simulação do sistema é produzida pela execução da lógica associada a cada evento, em uma sequência ordenada no tempo (JAIN, 1991).

- **Simulação orientada a processos:** Muitas estruturas de modelos para simulação incluem sequências de eventos as quais ocorrem em padrões definidos, como por exemplo, uma fila de entidades esperando por um servidor. Neste tipo de simulação, é necessário identificar no sistema as entidades que estão submetidas aos processos, para depois descrever as interações entre os mesmos. Embora seja teoricamente bem articulada, esta modelagem pode ser custosa e longa. A tarefa consiste em elaborar o modelo do sistema a partir dos blocos pré-programados. Outro aspecto importante é que a modelagem orientada a processos

enxerga o sistema a eventos discretos sob o ponto de vista das entidades e de seu ciclo-de-vida. A programação deve ser elaborada com o uso de sintaxe adequada ou programação visual (arranjo de ícones). Um simulador orientado a processos deve prover como facilidades de programação as funções de processo mais comuns. Como nos simuladores orientados a eventos, o tempo de simulação avança de evento em evento, sendo assim um calendário deve fazer parte do simulador (BECKER *et al.* 2000).

- **Autômatos Celulares:** são modelos matemáticos que apresentam comportamento complexo e são utilizados para simular muitos sistemas reais, principalmente sistemas vivos, apesar de ser de grande interesse na ciência da computação. Sua principal característica é trabalhar com muitos componentes que interagem localmente de forma não linear. Os Autômatos Celulares têm sido estudados e aplicados em diversos campos do conhecimento, como: Ciência da Computação, Física, Química, Geografia, Biologia, Ciências Sociais, entre outras e é uma importante ferramenta para simular e estudar sistemas físicos, químicos e biológicos, vida artificial, computadores universais, teoria de sistemas dinâmicos, estudos sobre dinâmicas populacionais (WILBERGER, 1996).

Modelos desenvolvidos em dinâmica de sistemas são considerados como tendo uma postura epistemológica interpretativista. A dinâmica de sistemas divide o processo de modelagem e simulação em uma fase qualitativa e outra quantitativa. A fase qualitativa consiste da elaboração do problema conceitual. Nesta fase são levantadas informações sobre a cadeia produtiva a ser analisada e o objetivo da análise, seguidos da elaboração de diagramas de influência e diagramas de fluxos e estoques. A fase seguinte, a quantitativa, refere-se ao problema técnico, o que implica dizer que nesta fase são conduzidas as formulações matemáticas do problema, sua validação e as análises de sensibilidade e de cenários. Todo o processo de modelagem é consolidado pelos constantes *feedbacks* que envolvem esta metodologia (TOWILL, 1996).

## **DINÂMICA DE SISTEMAS**

*System Dynamics* constitui-se uma disciplina acadêmica, criada em 1960 pelo professor Jay W. Forrester, do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Sua origem foi fundamentada nas áreas de administração e engenharia, mas gradualmente difundiu-se como sendo uma ferramenta útil na análise de sistemas sociais, econômicos, físicos, químicos, biológicos e ecológicos.

A partir dos anos 80 e mais acentuadamente a partir dos anos 90 (pode-se adotar como marco o lançamento do livro *A Quinta Disciplina*) houve um aumento considerável no número de publicações sobre o assunto (SENGE, 1994). Desde a década de 2000, a dinâmica de sistemas tem sido usada na modelagem da dinâmica de qualquer tipo de sistema, em particular de sistemas produtivos em geral e mais especificamente de cadeias produtivas (SCRAMIM, 2004).

Segundo Forrester (1961), dinâmica de sistemas é um grupo de técnicas de pensamento e modelagem computacional. Esta metodologia combina métodos para analisar o comportamento dos sistemas do mundo, vistos como um todo e não divididos em partes separadas. Como comportamento do sistema, a abordagem dinâmica de sistemas se refere ao modo pelo qual os elementos ou variáveis que compõem o sistema variam ao longo do tempo.

A simulação pode ajudar a compreender a causalidade. Modelos de simulação aplicados a cadeia de suprimentos podem ter diversos objetivos:

- Gerar conhecimentos acerca da cadeia de suprimentos: usar simulação para compreender o funcionamento da totalidade ou parte da cadeia de abastecimento e seus processos e problemas-chave.

- Desenvolver e validar melhorias: a simulação pode ser usada para propor e simular cenários para melhorar a cadeia de suprimentos (análise hipotética).

- Reproduzir e testar diferentes alternativas com base em decisões: determinar *a priori* o nível de otimização e robustez de uma estratégia, sem interromper a cadeia de suprimentos real.

- Quantificar benefícios: em geral, a simulação é importante porque pode ajudar a quantificar os benefícios resultantes da gestão da cadeia de suprimentos, de suporte a tomada de decisão ao nível estratégico, incluindo a criação de políticas de controle de valores.

Numa cadeia produtiva agroindustrial, à medida que os bens se movem do fabricante de insumos agropecuários passando pelos produtores rurais, integradores, distribuidores, varejistas até chegar ao consumidor final, é necessário haver uma coordenação das decisões ao longo de toda a cadeia. Isso é primordial para que se obtenha um melhor desempenho de algumas de suas variáveis, por exemplo: estoques de produtos acabados, bens intermediários e matérias primas; flutuação na demanda de insumos de um elo da cadeia etc.

O estudo dessas variáveis nas cadeias produtivas agroindustriais tem por base as mesmas ferramentas usadas para analisar as cadeias industriais. Sendo a dinâmica de sistemas uma dessas ferramentas, nada mais natural do que aplicá-la à modelagem de cadeias produtivas agroindustriais.

No passado, basicamente, as cadeias se coordenavam via preço e pela troca de informação gerada quando um comprador fazia pedidos de algum insumo aos seus fornecedores dentro da cadeia. Atualmente as trocas de informações não se fazem mais exclusivamente via preço ou entre os elos próximos das cadeias produtivas, mas, também, pela comunicação de informações estratégicas entre todos os membros da cadeia produtiva (BATISTA FILHO, 2001).

Com o advento do comércio eletrônico, esta troca de informações não só se tornou crucial para a competitividade dos negócios ao longo da cadeia, como também ficou mais facilitada em relação à infraestrutura de redes de computadores instalada para dar suporte às transações. Aqui se tem o ambiente propício ao uso do ferramental de análise de dinâmica de sistemas.

Na dinâmica de sistemas, um sistema é definido como uma coleção de elementos que interagem continuamente produzindo variações. As relações e conexões básicas entre os componentes do sistema são chamadas de estrutura do sistema. O termo dinâmico refere-se à variação sofrida pelas variáveis envolvidas no processo ao longo do tempo. Se algo é dinâmico, ele pode variar constantemente.

Um sistema dinâmico, conseqüentemente, é um sistema em que suas variáveis interagem e apresentam variações no decorrer do tempo. Portanto, a metodologia dinâmica de sistemas pode ser utilizada para compreender como as interações das variáveis e dos principais componentes do sistema variam ao longo do tempo.

A direção para a qual tendem os elementos ou variáveis em um sistema com variações ao longo do tempo é denominada de comportamento deste sistema. Importante ressaltar que a forma como o sistema é estruturado determina seu comportamento (FORRESTER, 1961). Dinâmica de sistemas vincula o comportamento do sistema à sua estrutura básica e pode ser utilizado para analisar como a estrutura pode determinar o comportamento apresentado pelo sistema.

Esta metodologia também pode ser utilizada para analisar como as variações em uma parte da estrutura do sistema podem afetar todo o comportamento do sistema e testar a sensibilidade destas variações estruturais. Assim, dinâmica de sistemas é uma ferramenta que proporciona conectar várias disciplinas acadêmicas. Esta metodologia estimula a pensar criticamente sobre detalhes e características inerentes ao processo que necessita ser completo para poder evoluir e proporcionar a análise da estrutura do sistema. Além disto, dinâmica de sistemas pode construir um elo entre a estrutura do sistema e o comportamento que este sistema produz.

Segundo Vilela (2005), as aplicações gerais de dinâmica de sistemas estão na identificação das características básicas de qualquer sistema, conforme abaixo:

- Relações de causa e efeito: existem grandes dificuldades em estabelecerem-se as reais causas dos problemas, mesmo quando especialistas estão participando do processo de avaliação. A técnica de dinâmica de sistemas é importante neste processo, por permitir a construção de gráficos de relações causais entre os elementos de um sistema (relação causa e efeito). Isso facilita as discussões e a participação dos constituintes (especialistas), por estabelecer uma linguagem que propicia o aprendizado mútuo dos mesmos.
  
- Tempos de resposta: é comum que os resultados de algumas decisões apareçam apenas depois de um determinado tempo. Assim, decisões estratégicas podem ser tomadas sem um prévio conhecimento dos tempos de respostas e seus respectivos efeitos. Com isso, ao invés de se atingir um baixo nível de oscilações esperado para um determinado sistema, pode-se causar oscilações ainda

maiores levando-o a uma situação ainda pior. Com o uso da técnica de dinâmica de sistemas, é possível criar-se modelos que permitam simular os efeitos em um determinado sistema ao longo do tempo, gerados pelas decisões estratégicas tomadas e, assim, verificar se as mesmas trarão os benefícios esperados, antes de aplicá-las na prática.

- Efeitos de realimentação: algumas decisões também podem ocasionar um efeito realimentador. Um bom exemplo utilizado por Vilela (2005) foi que com um aumento na cotação do dólar, mais e mais pessoas tenderiam a comprar esta moeda, porém ao chegar a um determinado patamar, parariam de comprar levando a estabilização no valor da moeda. Por este exemplo fica claro como o efeito de realimentação pode ser importante em alguns SAIs (por exemplo: uma cultura em alta desperta interesse em mais produtores aderirem ao seu cultivo e até levar a queda de preço) e como a dinâmica de sistemas pode demonstrar este efeito.

Já Sterman (2000), em seu livro "*Business Dynamics*", apresenta em detalhes os passos para construção de um modelo baseado em dinâmica de sistemas e suas aplicações. A primeira etapa antes de simular o comportamento de um modelo que apresenta características dinâmicas de um sistema, é representá-lo através de diagramas de estoque e fluxo, identificando dentre as variáveis, aquelas que representam estoque e fluxo. Um estoque é uma quantidade que se acumula ao longo do tempo, e um fluxo é uma atividade ou uma ação realizada periodicamente que contribui para a variação deste estoque.

- O primeiro passo é a articulação do problema: que consiste na seleção do tema e na definição das variáveis chaves, do horizonte de tempo e do problema.

- O segundo passo é a formulação de hipóteses dinâmicas: composta pelas hipóteses iniciais, fatores endógenos e mapeamento das estruturas causais.

- O terceiro passo é a formulação do modelo de simulação: neste ponto são especificadas a estrutura e as regras de decisão, são estimados os parâmetros e as relações comportamentais e são efetuados testes para estabilidade já com os objetivos e limites.

- No quarto passo deve ser feita a validação do modelo: a qual pode ser feita por especialistas, por exemplo. Neste caso, os especialistas podem avaliar em detalhes o modelo gerado e validá-lo a partir de seus conhecimentos práticos.

- No quinto passo estão os testes: nos quais são feitas comparações para verificar se o modelo reproduz o comportamento proposto, é avaliada a robustez sob condições extremas e é verificada a sensibilidade do modelo.

- O último passo é representado pelas novas políticas e evolução: aqui os cenários são especificados e projetados, nova análise de sensibilidade é realizada e é verificada a interação entre as políticas.

Depois de representar o modelo, os resultados de simulações computacionais podem auxiliar na formalização de novas políticas de melhoria para o próprio sistema, ou mesmo, buscar soluções para problemas que o sistema modelado esteja apresentando. Esta simulação se validará com a utilização de softwares específicos como ferramenta de compilação dos modelos (GODINHO e UZSOY, 2009).

O método de dinâmica de sistemas pode ser uma ferramenta muito útil para examinar e avaliar o comportamento de sistemas agroindustriais, por considerar as características inerentes a estes sistemas e projetar políticas que os auxiliem a serem mais competitivos, eficientes e eficazes.

Em sistemas agroindustriais, um dos seus principais desafios é conhecer e compreender os fenômenos envolvidos no sistema, tendo em vista as características próprias do mesmo. Para tanto, aplicar dinâmica de sistemas em

sistemas agroindustriais pode significar o aprimoramento de uma gestão harmoniosa e sustentável.

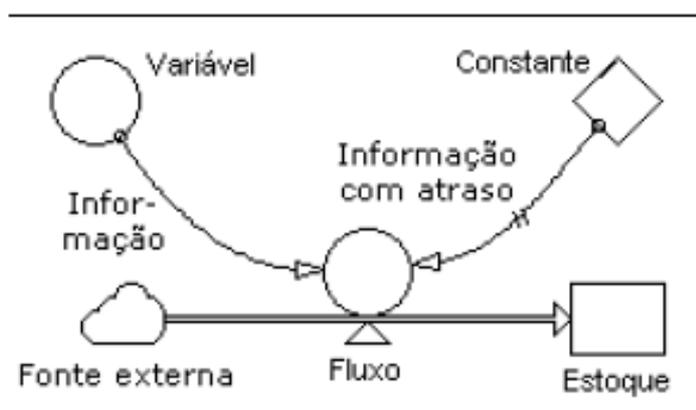
Accioly (2001) analisou o complexo agroindustrial citrícola do Brasil utilizando a metodologia dinâmica de sistemas e percebeu, através da simulação do modelo do complexo agroindustrial, que o excesso de oferta de laranja depende de uma série de fatores, sendo o preço médio da caixa de laranja o mais importante para a decisão de investimentos em plantio. Tal decisão se baseia em preços de safra resultante dos pomares plantados há quatro anos e ocorre devido à natureza intrínseca de sistemas agroindustriais, ou seja, a alta demora ou atrasos dos sistemas de produção primária pode acarretar em situações indesejadas a determinadas ações ou decisões.

Desta forma, a análise de sistemas agroindustriais com a metodologia dinâmica de sistemas proporciona maior compreensão do desempenho do sistema agroindustrial, podendo auxiliar nas decisões estratégicas dos mesmos.

Em dinâmica de sistemas, a lacuna entre a situação desejada e a situação percebida define seu problema e o sistema sempre reage à solução, sendo necessário desenvolver modelos para resolver problemas do sistema ou buscar políticas de melhoria. Através da metodologia é possível perceber as relações de influência no sistema, não perceptíveis em análise a partir de modelos mentais. Portanto, em dinâmica de sistemas os diagramas de influência são adequados para o estudo do comportamento dos sistemas agroindustriais, podendo servir de apoio à tomada de decisão, ou como auxiliar no processo de planejamento estratégico.

Para o bom entendimento de um modelo em dinâmica de sistemas é importante o conhecimento de seus elementos. Segundo Villela (2005), os elementos básicos usados nos modelos de estoque e fluxo (Figura 03), são:

- **VARIÁVEIS (círculos)** - representam parâmetros que são usados no sistema. Eventualmente uma variável pode assumir um valor que não varia, ou seja, é uma **CONSTANTE (losangos)**.



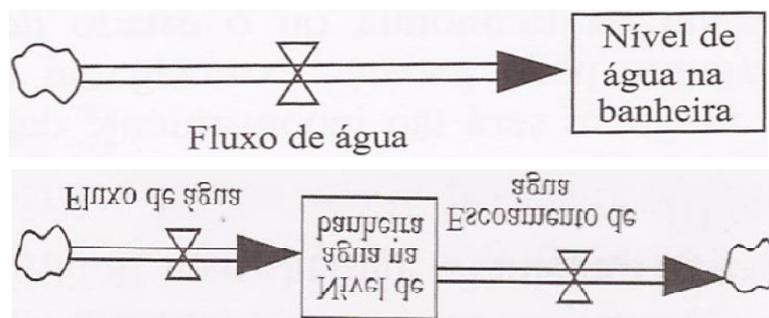
**Figura 03.** Elementos básicos de um modelo genérico de estoque e fluxo.

Fonte: Villela, 2005.

- **FLUXOS** (setas de traço duplo com círculo e triângulo) - representam o transporte de recursos (água, dinheiro, prestígio pessoal, produto químico etc.) no sistema. Os fluxos são vazões controladas por equações e por isto são representados por um ícone parecido com "uma torneira sobre um cano". Os fluxos são medidos em unidade de uma grandeza qualquer (metros, por exemplo) por unidade de tempo (segundo, por exemplo).
- **ESTOQUES** (retângulos) - representam acumulações ou desacumulações de algum recurso (água, dinheiro, prestígio pessoal, produto químico etc.). Estoques são variáveis especiais cujo valor (estado) depende do que aconteceu no passado.
- **INFORMAÇÃO** (setas de traço simples) - ligam os elementos do sistema e explicitam relações entre os mesmos. É importante observar que as informações, diferentemente dos fluxos, não retiram ou colocam recursos nos estoques. As informações também podem ter um "traço duplo", significando que as mesmas só estarão disponíveis num instante de tempo futuro e não imediatamente.
- **FONTE EXTERNA** (nuvens) - representa alguma fonte de recurso que está fora do escopo de interesse do modelo em estudo. Isto é, no exemplo acima, o fluxo retira recursos da fonte externa e joga no

estoque. Os detalhes da fonte externa não são considerados no estudo do sistema representado pelo modelo.

Bueno (2011), com seu exemplo da banheira (Figura 04), explicita de uma forma muito clara o conceito de estrutura de fluxo e estoque. No primeiro fluxo, apenas há entrada de água, sem abertura do ralo da banheira. Fica nítido, que após um tempo pré-determinado a banheira irá encher e até transbordar se a entrada de água não for bloqueada. Já no segundo fluxo, com escoamento de água, apesar da saída de água, ainda assim pode haver o transbordamento. Neste caso, é primordial a definição de quanto tempo após a abertura da entrada de água para a banheira ocorrerá a abertura da saída, bem como qual a taxa de saída versus a taxa de entrada de água, se o objetivo for manter um determinado nível na banheira. Por fim, em que tempo a taxa de entrada deve ser reduzida e qual será esta taxa para que a banheira seja esvaziada, se esta for a intenção após um determinado tempo em que a banheira será utilizada. É possível notar que o sistema vai se tornando cada vez mais complexo e dinâmico. Deste pequeno exemplo é possível imaginar-se sistemas muito mais complexos e suas relações, com especial foco em entradas e saídas, estoques e tempos.



**Figura 04.** Exemplo de fluxo d'água na banheira.

**Fonte:** Bueno, 2011.

Neste exemplo da banheira são usadas apenas equações lineares, mas quando modelos são elaborados utilizando-se alguma regra "if-then" já se pode considerar que algumas das equações são não lineares. Cabe ressaltar, também, que nos modelos em dinâmica de sistemas com o uso de um estoque e fluxo (como no exemplo da banheira), as equações são tratadas com integral e derivadas, assim sendo são diferenciais como em simulação contínua.

Assim, é possível estabelecer as diversas relações dentro do sistema proposto, bem como criar simulações alterando-se valores de algumas variáveis ao longo do tempo (de forma dinâmica) possibilitando a melhor condição de coordenação e operação deste sistema. Este é o grande apelo e diferencial da ferramenta, que via softwares permite uma gama enorme de cenários e visões de futuro.

### 3.1. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

A modelagem computacional baseada na técnica de dinâmica de sistemas pode ser feita a partir de diversos programas disponíveis no mercado. A maioria deles oferece versões "demo" gratuitas, com as quais é possível testar e elaborar alguns modelos, por um tempo pré-determinado.

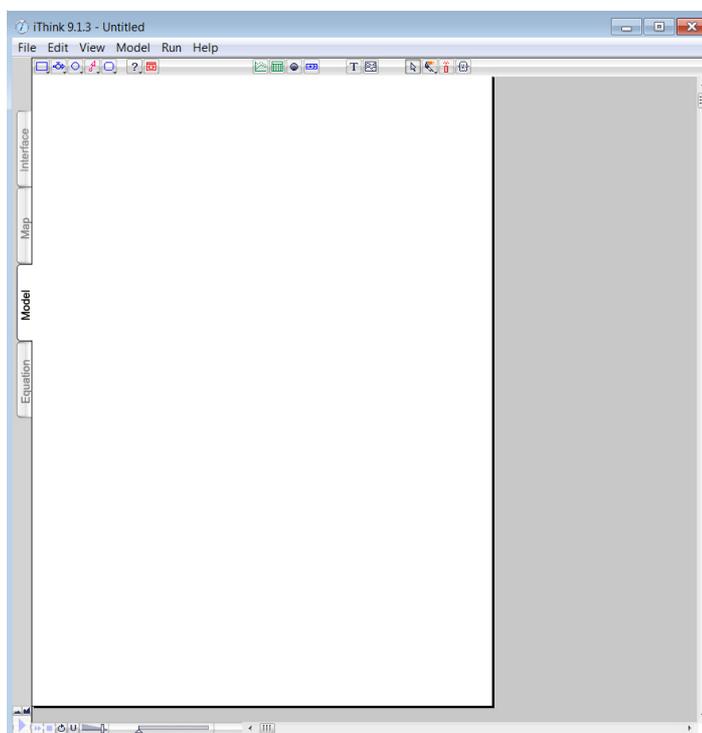
Dentre os programas disponíveis, destacamos os três seguintes: *Stella and iThink*<sup>®</sup>, *PowerSim*<sup>®</sup> *Studio 9* e *Vensim*<sup>®</sup>.

Este trabalho optou pela utilização do *iThink*<sup>®</sup>, em especial pelas suas facilidades cognitivas. Assim sendo, o foco na descrição dos procedimentos, telas, ícones e detalhes se restringem apenas a este programa.

A versão mais atual encontrada via pesquisa na internet do *Stella and iThink Software*, é a versão 10.0.4 (ISEE Systems, 2014), a qual inclui várias atualizações de recursos existentes que ampliam as capacidades globais do *Stella and iThink*. Várias melhorias são citadas, bem como problemas de versões anteriores agora foram corrigidos nesta versão.

Neste trabalho de pesquisa, a versão utilizada do *iThink* é a 9.1.3 em função de ser a disponível no desenvolvimento do modelo. Esta versão foi totalmente adequada a confecção do modelo de simulação, não trazendo nenhum inconveniente por não ser a versão mais atualizada, considerando-se o período atual. Versões mais recentes trazem, tipicamente, maiores facilidades e adequação aos novos *hardwares*, cada dia mais poderosos e velozes, porém, o conceito e a estrutura do programa praticamente se mantêm inalterados.

A tela de acesso ao *iThink* tem as características apresentadas na Figura 05, a qual mantém o padrão típico de outros programas, inclusive com ícones de atalhos e acessos rápidos.

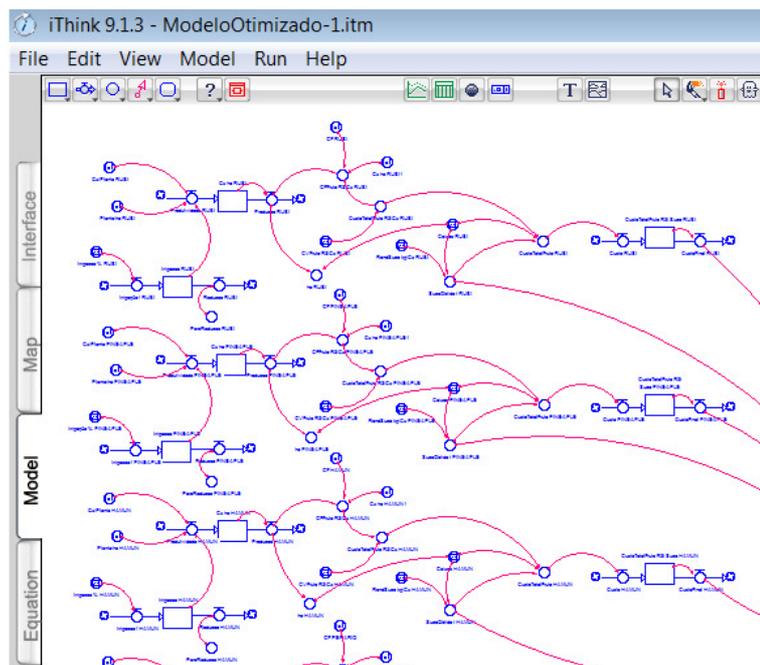


**Figura 05.** Tela de acesso *iThink*.

**Fonte:** Elaboração própria via *print* da tela.

Depois de concluído o modelo, é possível imprimir, salvar como imagem, copiar as equações etc. Além disso, podem-se gerar novas simulações com alterações de dados com apenas um comando.

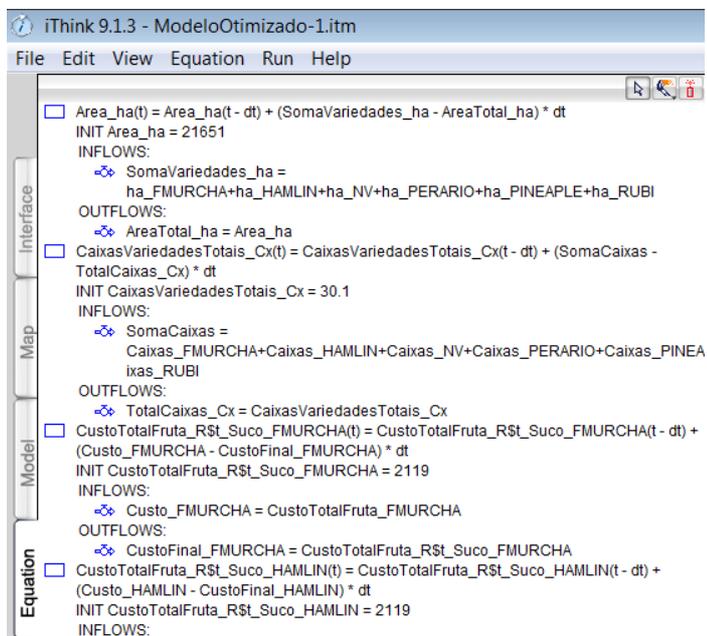
Tipicamente, um modelo pode assumir configurações como a demonstrada na tela representada na Figura 06 "*Model*", onde é possível se estabelecer as interrelações, bem como a inserção de dados, fórmulas, tabelas, gráficos. Nesta tela também é possível ter-se uma visão completa do modelo desenvolvido, mesmo que seja bastante complexo. Há muitas possibilidades de desenvolvimento de modelos de simulação usando-se o *iThink*. Vale destacar também a sua praticidade e facilidade de aprendizado e utilização.



**Figura 06.** Tela de desenvolvimento do modelo - *iThink*.

Fonte: Elaboração própria via *print* da tela.

Todas as equações desenvolvidas no "*Model*" podem ser visualizadas e conferidas na tela "*Equation*", conforme mostra a Figura 07:



**Figura 07.** Tela de equações do modelo - *iThink*.

Fonte: Elaboração própria via *print* da tela.

A cada comando "*run*" todo o sistema é atualizado, incluindo a tela "*Equation*".

### 3.2. USO DA DINÂMICA DE SISTEMAS

Modelos de simulação baseados em dinâmica de sistemas têm sido amplamente utilizados nas mais diversas áreas. Cabe ressaltar, porém, que não foi identificada na literatura sua utilização para estudar a coordenação de cadeias agroindustriais de suprimentos que considerassem, não apenas contratos e formas de comercialização, mas também melhoria contínua do desempenho da cadeia, PDP e resultados financeiros com compartilhamento de ganhos, o que poderia complementar a ECT. A seguir são apresentados diversos casos na aplicação bem sucedida de dinâmica de sistemas.

Faulin (2004) apresentou um modelo de simulação baseada na dinâmica de sistemas, o qual se mostrou adequado para estudar os problemas relacionados a agricultura familiar, em especial aqueles ligados a comercialização entre os elos da cadeia. Foi possível constatar deficiências em planejamento tanto na compra de insumos como na venda de seus produtos e que a relação de confiança era determinante a sobrevivência destes pequenos agricultores.

Outra aplicação interessante de simulação baseada em dinâmica de sistemas foi feita nas chamadas fazendas de vento, impulsionadas pela pressão atual contra emissão de carbono. Neste modelo foi possível criar, em um ambiente dinâmico, as interrelações envolvendo interesses e políticas contraditórias. A complexidade das relações envolvendo as mais diversas partes interessadas, com especial atenção aos aspectos sociais e ambientais, só seria possível de ser caracterizada através do conceito de dinâmica de sistemas (CHÂTEAU *et al.*, 2012).

Otto (2008) apresenta outra aplicação interessante de dinâmica de sistemas. Foi desenvolvida dentro daquela que ele considera como uma atividade fundamental para as empresas, que é a estratégia de abertura de mercado, tipicamente conduzida por *Marketing*. Ele cita que esta atividade, normalmente, é mal estruturada e complexa. Neste contexto, abordagens baseadas em modelo DSS (*decision-support systems*) apresentaram dificuldades em sua implantação e uso, devido aos gestores não entenderem bem e se tornarem relutantes no seu uso. Com isso modelo baseado em dinâmica de sistemas encontrou espaço, pois os gestores foram capazes de testar estratégias diversas para abertura de mercado. Outro

aspecto muito interessante é que como os gerentes participavam da construção do modelo, eles se sentiam donos dos mesmos, dando-lhes maior segurança na hora de defender suas propostas. Esta é uma vantagem muito interessante em especial em ambiente de baixo nível de confiança e transparência que modelo baseado em dinâmica de sistemas pode trazer.

Na China, Li *et al.* (2012) desenvolveram um modelo baseado em dinâmica de sistemas para, de 2009 a 2050, realizar avaliações de desempenhos econômico e ambiental de longo prazo da agricultura convencional frente a agricultura orgânica. Neste trabalho foi possível encontrar um viés de melhora até o ano de 2027, porém após este período, a agricultura convencional (modelo atual) se torna insustentável, em especial pela geração de metano e matriz energética. Em outra simulação, considerando-se mudanças nas políticas agrícolas da região, é possível comprovar a redução dos efeitos negativos e a sustentabilidade do sistema. Nesta utilização de dinâmica de sistemas, o interessante é a possibilidade de visualizar o longo prazo e "defeitos" nas estratégias e políticas no agronegócio.

Choi e Kim (2011) utilizaram modelos baseados na técnica de dinâmica de sistemas para estudar atividades que vão do desenvolvimento a comercialização de determinados produtos. Aqui um fato interessante foi o de enxergar o PDP com os princípios da dinâmica de sistemas. Esta providência pode conferir agilidade e rapidez em tarefas que vão desde a concepção de um novo produto até a sua colocação no mercado. Dentro das condições atuais de mercado, um grande diferencial para as empresas, é encurtar ao mínimo o tempo de desenvolvimento de novos produtos. Além disso, o portfólio de produtos também se faz necessário, bem como alta flexibilidade nos processos de manufatura, para a manutenção do nível de competitividade das companhias. Choi e Kim (2011) ainda destacam quatro aspectos fundamentais com o uso de um modelo baseado em dinâmica de sistemas para PDP:

- o processo de inovação tecnológica é dinâmico, o que pode ser demonstrado pela análise quantitativa das várias relações dinâmicas entre a inovação tecnológica existente e a modelagem proposta;
- foi demonstrado em um ambiente dinâmico, o processo cíclico investimento em P&D, inovação tecnológica, lucro, investimento etc. diferente abordagens estáticas P&D => lucro;

- contribuição na tomada de decisão correta, através de proposta de um mecanismo dinâmico no médio e longo prazo levando em consideração a situação da empresa e as condições de mercado, bem como processo de inovação mais que inovação de produto;
- por fim, pode ser quantificado o intervalo de tempo entre pesquisa e desenvolvimento do produto.

Apesar dos trabalhos de Dangerfield *et al.* (2010) não estarem relacionados ao agronegócio, mas sim a construção civil, sua contribuição é nítida quando se fala em competitividade das empresas. Neste setor a força da postura competitiva das empresas é fator determinante da rentabilidade das mesmas, entendendo-se por força competitiva a capacidade das empresas perseguirem novos contratos. Quanto mais agressiva a postura, mais drásticos os saltos nos lucros. Foi possível demonstrar que o uso da técnica dinâmica de sistemas foi capaz de proporcionar uma forma de avaliação das forças que moldam a competitividade dentro do setor da construção civil. Com isso a avaliação estatística feita a partir de dados e do histórico de desempenho estratégico, deixou de ser, conforme o autor, “o único *modus operandi* disponível”.

Outro aspecto importante demonstrado por Dangerfield *et al.* (2010) foi a possibilidade de combinar técnicas de modelagem quantitativa (dinâmica de sistemas) com estudo de caso qualitativo. Os dados obtidos de estudos de caso podem ser úteis para o processo de modelagem. Neste caso, é fundamental possuir um conhecimento profundo dos desafios enfrentados pelos contratantes antes de se iniciar os trabalhos de modelagem, sendo que a compreensão contextual é vital. Cabe ressaltar que além de questões de fundo, também é importante ser capaz de adotar a linguagem que os profissionais usam para dar sentido aos desafios que eles enfrentam. Modelos baseados em dinâmica de sistemas podem levar a novas e importantes ideias com aplicação direta na prática, oferecendo os meios de avaliar a interação dinâmica entre diferentes fatores. Por outro lado, os profissionais do setor somente se envolvem se entendem bem os conceitos.

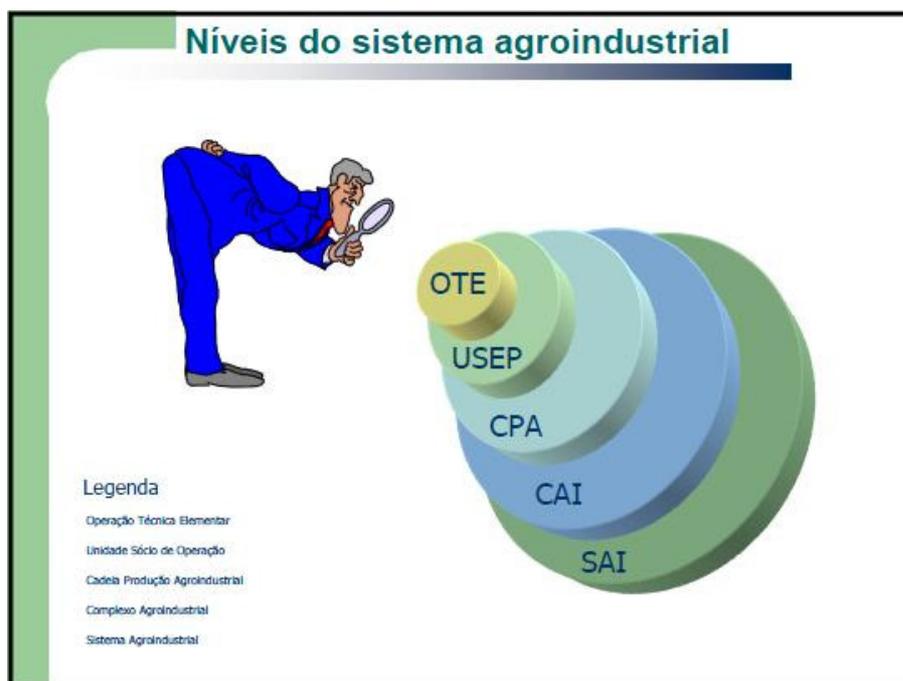
Segundo Oliveira *et al.* (2003), com a técnica de dinâmica de sistemas é possível estruturar-se sistemicamente um SAI e ao mesmo tempo analisá-lo

racionalmente, entendendo suas relações de influência. Isto porque, segundo estes autores, através da simulação computacional é possível avaliar como o comportamento dos sistemas pode ser afetado pelo modo e pela intensidade das variações, pelas quais os processos estão sujeitos. É possível entender-se a estrutura do sistema, bem como seus fatores de influência, através dos ciclos de retroalimentação que o compõe.

Apesar de já estarem amplamente utilizados, mesmo dentro dos mais diversos sistemas agroindustriais, os modelos de simulação na técnica de dinâmica de sistemas têm sido pouco explorados como ferramenta de suporte a coordenação das cadeias de suprimentos. Os estudos apresentados na literatura demonstram modelos com foco em atividades específicas. Isto abre uma lacuna para modelos que contemplem todos os aspectos do sistema agroindustrial, como o desenvolvido neste estudo, o qual inclui a partilha dos ganhos entre os agentes e o compartilhamento de inovação e tecnologia, com investimentos focados e busca da melhoria no desempenho do SAI mais que apenas de seus agentes isoladamente.

## 4. O SISTEMA AGROINDUSTRIAL DA LARANJA

Segundo Batalha (2009) um Sistema Agroindustrial pode ser dividido em cinco níveis de análise (ver Figura 08). Este autor considera que no Brasil há certa confusão na definição e no uso correto destes níveis de análise.



**Figura 08.** Níveis de análise do sistema agroindustrial.

**Fonte:** Batalha, 2009.

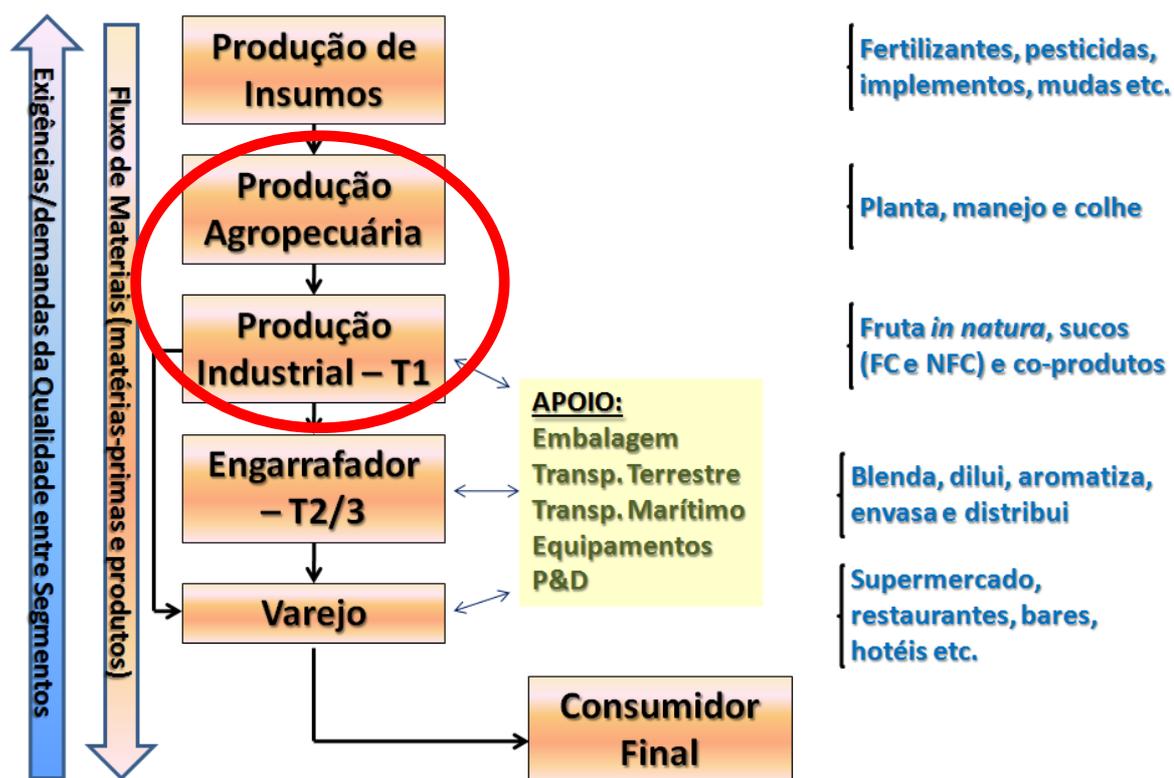
- Sistema Agroindustrial (SAI): representa um conjunto de atividades para a produção agroindustrial, incluindo desde a produção de insumos (sementes, adubos, mudas, implementos) até a chegada do produto final ao consumidor (suco, queijo, massas)
- Complexo Agroindustrial (CAI): sua definição parte sempre de uma determinada matéria-prima, com a participação de um conjunto de cadeias de produção associadas a produtos.
- Cadeia de Produção Agroindustrial (CPA): ao contrário do CAI, a cadeia de produção agroindustrial parte sempre de um produto final,

encadeando a montante e a jusante as diversas operações necessárias a sua produção.

- Unidades Socioeconômicas de Produção (USEP): asseguram o funcionamento do sistema e possuem variedade de formas muito grande.

- Operação Técnica Elementar (OTE): são as operações necessárias para a passagem de um produto em determinado grau de acabamento a outro mais avançado.

Estas definições são úteis para a compreensão do SAI da Laranja. A Figura 09 faz uma representação esquemática do SAI da laranja no Brasil. As relações de coordenação e planejamento que serão alvo desta tese envolvem somente os elos da Produção Agrícola e a Industrial, conforme destacado na Figura 09 (círculo vermelho).



**Figura 09.** O Sistema Agroindustrial Citrícola no Brasil.

Fonte: Elaboração própria.

Parte da complexidade do SAI da Laranja pode estar relacionada ao número de subprodutos gerados a partir da laranja e suas respectivas aplicações.

Da produção agropecuária para o consumidor final existe um fluxo de materiais, representado por matérias-primas e produtos, enquanto o fluxo inverso é representado pelas exigências e/ou demandas da qualidade entre os diversos segmentos.

O primeiro elo é representado pela produção de insumos (mudas, fertilizantes, agroquímicos, implementos e máquinas agrícolas etc.). No segundo elo está a produção agrícola, responsável por gerar as laranjas a serem processadas (plantio, manejo, colheita e transporte de frutos). O terceiro elo é o processamento industrial (primeira transformação), que esmaga as laranjas e produz, armazena, transporta, vende e entrega os sucos e subprodutos. O quarto elo é representado pelos engarrafadores, responsáveis pela diluição, aromatização, padronização, envase, armazenamento e distribuição dos sucos. O varejo é o quinto elo, composto pelos supermercados, hotéis, bares, restaurantes etc. No sexto elo estão os consumidores finais.

Dentro deste esquema, pode-se salientar que as relações mais conturbadas vêm ocorrendo entre a produção agrícola e a produção industrial de primeira transformação. Aparentemente, é entre estes elos da cadeia que a melhoria da coordenação é mais crítica.

Nos demais elos, os principais problemas podem ser relacionados às políticas cambiais dos mercados envolvidos, em especial do próprio Brasil. Outros pontos de atenção e que podem afetar este SAI são as denominadas barreiras tarifárias, representadas por taxas, como (CITRUSBR, 2013):

- Europa: 12,2% (para suco não congelado, por isso elimina-se o termo "Frozen" ficando apenas COJ).
- Estados Unidos: 415US\$/t para FCOJ e 42US\$/t para NFC.
- Japão: 25,5%.
- Coréia do Sul: 54%.
- China: 7,5% para suco com  $T < -18^{\circ} \text{C}$  e 30% para  $T > -18^{\circ} \text{C}$ .
- Austrália: 5%.

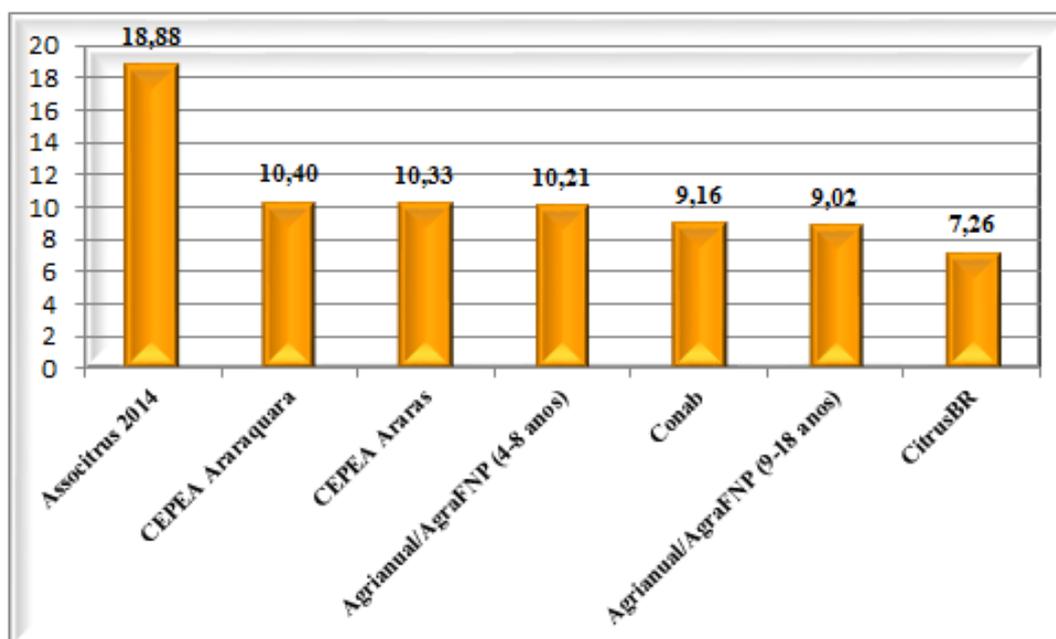
Além destas, devem ser consideradas também as barreiras não tarifárias, representadas principalmente pelas restrições de qualidade em geral para as diferentes regiões consumidoras no mundo (CITRUSBR, 2013).

Analisando um sistema agroindustrial, podem-se encontrar características próprias do mesmo, como produtos e insumos perecíveis, alta oscilação de preços, sazonalidade, dentre outros. Estas características podem dificultar o planejamento estratégico destes sistemas, podendo afetar o desempenho e a competitividade dos mesmos, o que não é diferente para o SAI da Laranja.

Ainda dentro deste SAI, as informações sobre demandas e exigências de qualidade aparentemente não fluem bem, o que também pode ser atribuído à falta de coordenação na cadeia, dentre outros. Um potencial reflexo disso é não haver uma busca por uma melhor distribuição varietal adequada à cadeia como um todo, o que poderia levar a maximização no tamanho das safras, nos rendimentos e na qualidade.

É possível notar que neste SAI as informações disponíveis relativas à produção agrícola e industrial são, em sua maior parte, discrepantes entre si. São exemplos:

- O custo de produção agrícola da laranja apresentado pela Associtrus (2014) no seu *website* é de 18,88R\$/cx ao passo que do modelo proposto para o Consecitrus 2012 é de 8,62R\$/cx, ou seja, uma variação de mais de 100%. O Quadro 02 confirma estas diferenças nas apurações de custos:



**Quadro 02** - Custos de produção da caixa de laranja na safra 09/10.

Fonte: CitrusBR, 2013.

- O custo industrial apresentado pela CitrusBR no seu *website* é de US\$ 731.00 por tonelada de FCOJ, enquanto no modelo Consecitrus calculado na mesma base é de US\$ 1,046.00 por tonelada de FCOJ.

Em alguns casos isso pode ser atribuído a falta de padronização no levantamento das informações, em outros não são consideradas as diferenças entre as diversas regiões de produção e outros a própria falta de transparência que permeia dentro deste SAI.

A importância deste setor é significativa para o Brasil, principalmente por gerar mais de 200 mil empregos diretos e indiretos; divisas acima de US\$ 6,0 bilhões por ano; impostos acima de US\$ 150 milhões por ano e um faturamento total da cadeia estimado em mais de US\$ 14,0 bilhões por ano (CITRUSBR, 2013).

A laranja, por outro lado, dentre as árvores frutíferas, é a mais conhecida, cultivada e estudada em todo o mundo, pela sua grande importância global frente à produção de sucos e néctares, conforme participação descrita no Quadro 03. É notória a superioridade da participação da laranja como sabor quando comparada com os demais.

PERCENTUAL	SABORES
10%	
20%	Laranja
30%	
40%	
50%	Maçã
60%	Mix de Frutas
70%	Uva Pêssego
80%	Abacaxi Manga Cranberry
90%	
100%	Outros

**Quadro 03** - Participação da laranja na produção de sucos e néctares.

Fonte: CitrusBR, 2013.

Apesar disso, a participação do Brasil como produtor mundial de laranjas caiu da década de 1990 para a década 2000, como demonstrado no Quadro 04. Na década de 1970 o Brasil representava apenas 7% do total de laranjas produzidas no mundo, chegando a 32% na década de 1990.

<b>DÉCADA</b>	<b>Laranjas Produzidas Brasil (milhões cx)</b>	<b>Laranjas Produzidas Mundo (milhões cx)</b>	<b>Preço do FCOJ descontados impostos (US\$/t)</b>
<b>1970</b>	40 a 200	598 a 815	137 a 1206
<b>1980</b>	195 a 347	833 a 1124	907 a 2016
<b>1990</b>	303 a 510	1109 a 1588	827 a 1966
<b>2000</b>	346 a 495	1454 a 1749	554 a 2211

**Quadro 04.** Evolução da produção de laranjas no Brasil e no mundo.

**Fonte:** CitrusBR, 2013.

As oscilações neste setor são imensas, tanto do ponto de vista de produção, quanto de preços. Aparentemente os grandes atores deste setor de negócios obtêm vantagens justamente deste ambiente, evitando novos entrantes.

## **4.1. TECNOLOGIA**

Aparentemente, pouca atenção tem sido dada a pesquisa agrícola, em especial a novas variedades que permitam ampliar o tamanho das safras e diluir assim custos, bem como sejam mais resistentes às pragas e doenças e com maior produtividade. No passado, as dificuldades com inovação foram expressivas, vide exemplo da Cargill Citrus quando implantou o sistema granel de transporte, substituindo os tradicionais tambores de aço por caminhões-tanque e navios graneleiros, em que os produtores e indústrias se uniram para denunciar a inovação ao governo.

Além dos problemas acima levantados, a falta de um programa efetivo de barreiras fitossanitárias pelo MAPA (Ministério da Agricultura, da Pecuária e do

Abastecimento) pode ter favorecido a entrada de doenças que até então o parque citrícola brasileiro não convivia. Os próprios envolvidos no setor – segundo eles próprios – muitas vezes traziam borbulhas de suas viagens ao exterior e enxertavam em seus pomares, sem saber que estavam infectadas com doenças que acabavam por se proliferar, gerando perdas e aumento os custos de produção agrícola (manutenção e formação de pomares). A própria produção de mudas precisou ser regulamentada e viveiros registrados para reduzir a propagação de doenças no parque citrícola (PAVAN *et al.*, 2001).

O exemplo mais recente foi a introdução do "**greening**" (*Huanglongbing* - HLB), doença considerada como devastadoras dos parques citrícolas onde se instala. Esta doença leva a morte da planta após alguns anos de infecção. Seu maior impacto, porém, é na qualidade dos frutos, os quais não amadurecem e não crescem, tornando a fruta imprópria, tanto para o mercado de fruta fresca, quanto para a industrialização, pois a qualidade do suco fica profundamente prejudicada, com reflexos negativos para cor (amarelo pálido) e sabor (amargo e adstringente).

Além do *greening*, destacamos abaixo as principais doenças que afetam o cinturão citrícola:

- Cancro cítrico: hoje, apesar de estar sob controle, demanda atenção constante, pois qualquer desatenção ou falha podem devastar um pomar em um período muito curto de tempo.
- CVC (clorose variegada dos citros) ou amarelinho: trouxe um grande problema para a indústria, pois apesar dos frutos amadurecerem, os mesmos não crescem afetando a capacidade instalada de extração e moagem. Os frutos pelos seus tamanhos reduzidos, não são adequados ao mercado de fruta fresca.
- Pinta preta: esta doença era comum na África do Sul e hoje se espalhou no cinturão citrícola. Além de provocar queda prematura dos frutos, gera pontos escuros no suco e ficam com a casca com aparência ruim, não sendo adequados ao mercado de fruta fresca.
- Furão e mosca da fruta: há alguns anos a infestação destas pragas ocorria apenas em um curto período de tempo. Hoje o ciclo ocorre

praticamente o ano todo. Os problemas são: apodrecimento dos frutos com impactos na qualidade do suco, perdas ao longo do processo (desde o campo até a moagem) e aspecto da casca ruim. O maior impacto, porém, se dá na produção de FOC (*Frozen Orange Cells*) ou Células Congeladas de Laranja, que é um subproduto de bom valor comercial, usado na produção de suco com células (ou polpa), refrigerantes, bolos etc.

- Outras: tristeza, morte súbita dos citros (MSC), leprose, declínio, sorose, exocorte, xiloporose ou cachexia, gomose, verrugose, melanose e podridão peduncular, podridão floral dos citros, mancha graxa, mancha marrom, podridão negra e mancha foliar de alternária, antracnose, rubelose, fungos de revestimento, bolor azul e bolor verde.

Aliado ao aumento de pragas, nos anos recentes os grandes blocos e alguns países, principalmente a Comunidade Europeia, estabeleceram uma série de restrições, banindo um número significativo de agroquímicos, os quais são fundamentais no controle destas novas pragas e também daquelas já comuns no cinturão citrícola. Isso também contribuiu para incremento em custos e trouxe maiores dificuldades nos controles.

Do ponto de vista industrial, é possível afirmar-se que há um bom nível tecnológico atual. Algumas alternativas ainda podem ser exploradas na recuperação de subprodutos e aplicações de maior valor agregado. A indústria também poderia disponibilizar aos seus fornecedores de laranja que vem desenvolvendo em termos de agricultura de precisão, como forma de redução de custos e impactos ambientais na aplicação de fertilizantes e agroquímicos e manejo agrícola em geral.

## ***VARIETADES DE CÍTRICOS***

Se bem exploradas, as variedades de cítricos podem representar um potencial significativo de redução de custos e melhoria geral na qualidade e rendimento dos sucos e subprodutos obtidos do processamento da laranja.

Segundo CitrusBR (2010), a citricultura brasileira é hoje sustentada por três grupos de variedades:

- Precoces: tendo como principal variedade a Hamlin.
- Meia estação ou Médias: tendo a Pera-Rio como principal variedade.
- Tardias: as principais variedades são Natal e Valência.

Já na Flórida, por não existir uma variedade comercial de meia estação, como a Pera-Rio no Brasil, as safras possuem dois picos, o que do ponto de vista de resultados financeiros é ruim, por incrementar os custos industriais. As principais variedades são:

- Precoces: Hamlin e *Washington Navel*.
- Tardias: Valência.

Segundo Neves *et al.* (2004), no Brasil a safra da laranja para indústria começa em junho e termina em meados de janeiro. Nesta configuração, parte das variedades precoces tem que ser colhida pouco antes de atingir o ponto ideal, levando a perdas de qualidade e de rendimento industrial. Por outro lado, parte precisa ser colhida pouco depois do ponto ideal, levando a perdas maiores no SAI, pois estas variedades são bastante susceptíveis a cair das árvores, se forem colhidas com muito atraso. Cabe ressaltar que as variedades apresentadas acima se referem a pomares comerciais e são destinadas ao processo industrial. Há diversas outras variedades para outras finalidades, incluindo-se aquelas usadas especificamente para pesquisa (SAUNT, 1990).

Kimball (1999) apresenta uma classificação dos citrus, dividindo-os em: laranjas, pomelos (*grapefruit*), tangerinas (ou mandarinas), híbridos, limas ácidas e limões. Suco de pomelo é comum em países da Europa, nos Estados Unidos, Israel e até na Argentina; porém no Brasil é praticamente inexistente, visto que o paladar do brasileiro é muito sensível a amargor (típico do suco de pomelo) e aprecia muito o sabor adocicado das frutas e seus respectivos sucos.

Suco de tangerina tem a vantagem da cor forte avermelhada, porém gera amargor após curto espaço de tempo entre a extração e armazenamento. A tecnologia atual, com sistemas denominados "*debittering*", permite a retirada de compostos responsáveis pelo amargor, melhorando em muito a qualidade sensorial e permitindo seu *mix* em até 10% no FCOJ para todos os países do mundo, exceto Europa. O maior problema no processamento de tangerinas é a grande perda desde

a colheita até a moagem, em função da fragilidade de sua casca, por isso são também conhecidas como "casca mole" (BORGES e PIO, 2003).

Vale acrescentar também, dentro dos cítricos, as limas ácidas (por exemplo: tahiti, galego), que no Brasil são confundidas com limões (por exemplo: siciliano), são mais consumidas no mercado de frutas frescas. Na sua industrialização, o suco é considerado como subproduto e o óleo essencial como produto, em função de seu altíssimo valor agregado.

Por fim, Kimball (1999) divide as laranjas em 2 classes principais: Laranja Doce (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) e Laranja Amarga ou Laranja Azeda (*Citrus aurantium* L.). As laranjas amargas são usadas por suas propriedades medicinais, não tendo aplicação na industrialização de sucos. Já as laranjas doces, são as mais importantes do ponto de vista comercial e as mais largamente produzidas no mundo todo. São divididas em:

- Laranja Comum: a maioria das variedades, tanto para o mercado de fruta fresca como para industrial, estão aqui contidas: Hamlin, Westin, Pineapple, Pera-Rio, Natal, Valência etc.

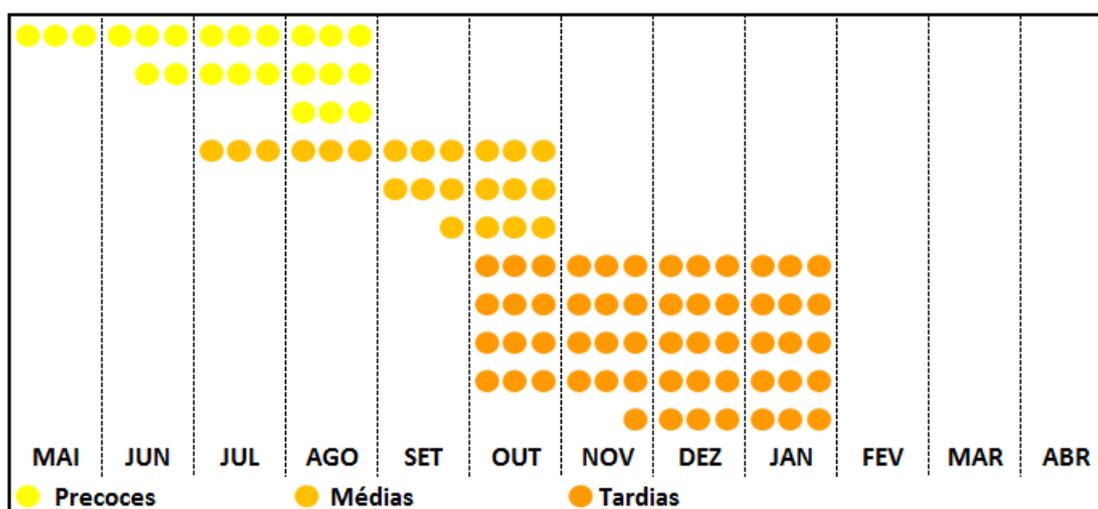
- Laranja Navel: são melhores para o mercado de fruta fresca do que para industrialização de suco, visto gerarem amargor, como as tangerinas, após moagem e armazenamento. As principais variedades são: baia, baianinha e Washington.

- Laranja Sanguínea: são avermelhadas e daí o seu nome. Apesar de Kimball (1999) incluir a Rubi como sanguínea, no Brasil ela entra como laranja comum. Na Europa tem um valor agregado maior que o suco de laranja comum, em especial pela presença de antocianinas, que são compostos interessantes do ponto de vista funcional. No Brasil a cor avermelhada é provocada pelo licopeno, também importante para a saúde.

- Laranja com baixa Acidez: a mais conhecida é a laranja-lima (piralima e lima verde). Muito rica em vitamina C, mas com os mesmos problemas da *navel* e tangerina na produção de suco. Outro aspecto, é que pela baixa acidez o *ratio* é elevadíssimo, chegando até 150. A Tropicana, que representa a marca comercial de sucos da PepsiCo, tem em sua linha de produtos nos Estados Unidos o suco de laranja de baixa acidez, com apelo de ser adequado a pessoas com problemas estomacais ou com baixa tolerância a alimentos ácidos.

As variedades precoces atuais têm os melhores rendimentos no campo, ou seja, maior número de caixas de laranja por árvore ou por hectare. Dentro do processo industrial, porém, trazem as desvantagens de gerar suco com menor qualidade em termos de cor, sabor e viscosidade e menor eficiência de extração (PAVAN *et al.*, 2001).

A distribuição da safra não é uniforme, ou seja, no início as fábricas não operam em plena capacidade, o que ocorre tipicamente nos meses de setembro, outubro e novembro, denominado como “pico da safra” (Quadro 05). Após este período voltam a operar abaixo da capacidade nominal diminuindo até o final da safra (NEVES e JANK, 2006).



**Quadro 05** - Distribuição das Variedades na Safra.

Fonte: CitrusBR, 2013.

Pesquisas vêm sendo conduzidas na busca de novas variedades por diversos centros (IAC, EMBRAPA etc.), porém o foco tem sempre sido direcionado ao campo, ou seja, número de caixas de laranja por hectare, maior resistência a doenças, menor custos de manejo, dentre outros.

As pesquisas poderiam ter objetivo e organização comuns e estes serem desdobrados e distribuídos entre os diversos centros e iniciativas. Isso sempre com visão do SAI como um todo, demonstrando aqui também a importância de haver uma boa coordenação da cadeia de suprimentos. Há exemplos de desenvolvimentos de novas variedades e até híbridos, que apesar de bom

desempenho no campo, quer seja por resistência a doenças ou por boa produtividade, não se tornaram interessantes para o negócio em função de qualidade inadequada do suco obtido, restrições legais a *mix* de espécies, baixa eficiência industrial etc. (KIMBALL, 1999).

É interessante ressaltar a existência de novas variedades, que na verdade não são novas senão do ponto de vista de produção comercial, visto existirem já a bom tempo, porém pela falta na coordenação do SAI da laranja, ainda foram muito pouco exploradas. Estas variedades se implantadas de forma coordenada, dentro de percentuais adequados e colhidas dentro de cada período ideal, podem dar novo rumo à citricultura.

No caso das precoces, a própria CitrusBR (2013) já destaca as variedades Rubi e Pineapple junto com a Hamlin e Westin, apesar da inconstância desta última em termos de qualidade safra a safra e por cair precocemente das árvores. Estudos demonstram que estas variedades tem um bom desempenho agrícola, com produtividade pouco abaixo da Hamlin. Porém, a grande vantagem destas variedades está fundamentada em torno de 15 dias mais precoces que a Hamlin, o que aumenta o tamanho da safra, além da qualidade do suco já estar pronta para venda, sem necessidade de *mix* para correção de cor e sabor, reduzindo custos operacionais e de capital (estoque de passagem). Por fim, o rendimento industrial é superior ao da Hamlin, justamente pela qualidade do suco obtido.

O tamanho da safra pode ser ainda maior se antecipar-se em mais 15 dias com o processamento de lima ácida Tahiti e limão siciliano.

No caso das tardias, existe a Valência Folha-Murcha - que até pode ser considerada como um novo grupo: "pós-tardias" - que se colhida no tempo ideal gera produto de boa qualidade (já pronto) e rendimento melhor que as tardias fora do ponto ideal. Neste caso, a safra poderia ser postergada por um mês e as temporãs poderiam ser destinadas ao mercado de fruta fresca, já que qualidade e rendimento são muito ruins.

Conforme destaca Slack *et al.* (2009), "sobrecapacidade significa baixa utilização de capacidade, que por sua vez significa maiores custos unitários". Safras maiores levam exatamente ao contrário, ou seja, máxima utilização dos ativos pelas processadoras. Outras oportunidades estão relacionadas à produção agrícola, pois a

mão de obra pode passar de temporária (safristias) para fixos, melhorando custos e reduzindo impactos sociais (CORAL, 2002).

Araújo *et al.* (2006) já destacavam a importância de indicadores para a sustentabilidade empresarial. Hoje a maioria dos indicadores está baseada em caixas de laranja. Com uma boa coordenação da cadeia de suprimentos, o melhor indicador considerando o todo seria em kg de sólidos solúveis por hectare. Nos Estados Unidos o USDA tem funcionários em cada processadora no laboratório preliminar, como órgão fiscalizador da qualidade dos frutos, mas principalmente para avaliar o nível de refugos e a quantidade de sólidos solúveis, já que os produtores recebem não somente por quantidade de caixas de laranja entregue, mas também pela quantidade de sólidos presentes, os quais impactam diretamente no rendimento industrial na produção de FCOJ.

No Brasil, várias tentativas já foram feitas no sentido de pagar um prêmio aos produtores de laranja por sólidos solúveis, mas os fatores abaixo parecem impedir esta modalidade, que hoje já é praticada no Brasil pelo setor Sucroenergético (BARBOSA e HELEN, 2013):

- Aparente falta de transparência e confiança nas relações (falta de coordenação). Mesmo que o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), assumisse a mesma função que o USDA faz nos Estados Unidos, deve-se considerar a necessidade de uma boa relação de confiança entre os agentes para com este Órgão.

- Nos Estados Unidos existe uma faixa de *ratio* da fruta em conformidade com o padrão de suco consumido no país, no Brasil devido à exportação para diversos mercados isso não é possível. Cada mercado tem uma faixa de *ratio* específica e, quando se produzir o denominado "suco de *ratio* baixo" para Europa, por exemplo, o produtor seria prejudicado pelo menor rendimento.

- Má distribuição das variedades ao longo das safras, levando a antecipação de colheita de frutos ainda não prontos. No setor Sucroenergético, a definição das variedades a serem plantadas é feita pela indústria, responsável pela coordenação da cadeia (BRUNSTEIN e TOMIYA, 1995).

Uma boa coordenação para este setor poderia levar em conta não somente os contratos de compra e venda de laranja, mas também a melhor

distribuição de variedades com vistas ao SAI como um todo. O próprio pagamento poderia ser adequado à produtividade e aos custos no campo para cada variedade, já que existem grandes diferenças entre elas e também entre as regiões de produção.

## 4.2. RELAÇÕES DE MERCADO

Apesar dos fatores favoráveis para o desenvolvimento da indústria cítrica no Brasil, aparentemente alguns problemas têm prejudicado a eficiência global. São eles:

- A indústria desenvolveu um caráter fortemente competitivo entre as companhias individuais vendedoras no mercado de exportação, ao invés de adotar medidas de cooperação e promoção mútua de comércio, como fizeram Israel, África do Sul e Estados Unidos. Esse desenvolvimento prejudicou o desempenho total da indústria no exterior.

- Relação com fornecedores de matéria-prima marcada pela desconfiança e possibilidades de um levar vantagem sobre o outro.

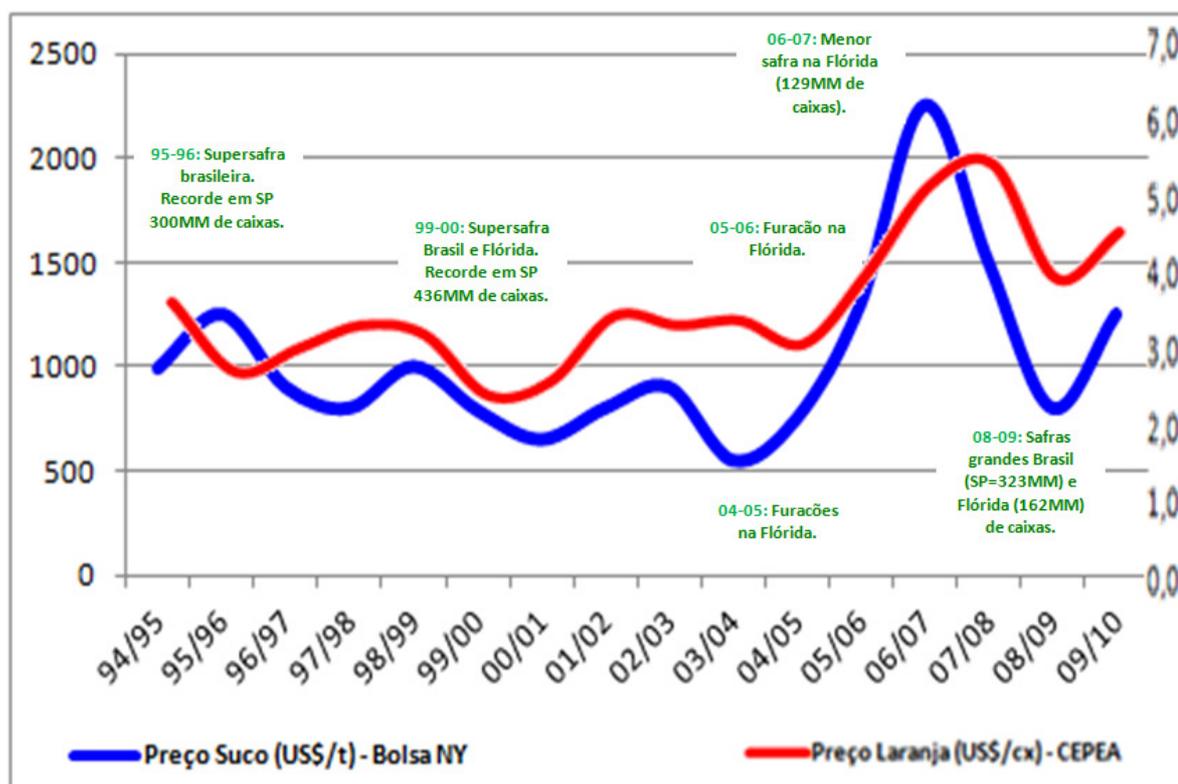
A maioria destes problemas parece persistir ainda hoje e podem ter sido em grande parte responsável pelas dificuldades atuais em relação ao *marketing* de FCOJ brasileiro.

A implantação e a expansão de fábricas de FCOJ desencadearam um intenso plantio de cítricos no interior paulista. A excitação chegou ao auge por volta do Natal de 1973, quando a disputa pela laranja nos pomares duplicou e, em alguns casos, triplicou a cotação do produto. Em meados de 1974, eclodiu a chamada “crise da citricultura paulista”, trazendo em seu bojo a falência da Sanderson, que tentara em vão se tornar uma das grandes indústrias do setor.

Nas décadas de 1990 e 2000, foi comum a instalação de novas fábricas de sucos cítricos, estimulada pelas grandes oscilações de preços de FCOJ e da caixa de laranja. Durante alguns períodos era, possivelmente, mais rentável para Grupos de Produtores se unirem e montarem uma fábrica do que venderem suas frutas aos processadores. Entretanto, em períodos subsequentes, não só pela

inversão nos preços, mas também pela grande necessidade de capital de giro, a maior parte destas fábricas fechou ou foi vendida (AGRA INFORMA, 2007).

Estas oscilações ainda persistem como demonstradas no Quadro 06. Nestas duas décadas: 1990 e 2000 houve períodos em que mais de treze diferentes processadoras operavam suas plantas industriais. Com exceção de Cutrale e Citrosuco, as quais se destacam pela maior capacidade de processamento, as demais praticamente se equivaliam em tamanho, formando dois blocos: o das médias e o das pequenas processadoras. Atualmente, porém, houve uma forte concentração neste setor, ficando circunscrito a três gigantes: Citrosuco (com a recente, mas ainda não confirmada de forma efetiva, fusão com Citrovita, plataforma de agronegócio do Grupo Votorantim), Cutrale e Louis Dreyfus.



**Quadro 06** - Oscilações nos preços do FCOJ e da caixa de laranja.

Fonte: CitrusBR, 2013.

Nestes dois últimos anos, tem havido nova tendência de abertura de pequenos processadores, em função basicamente de inversão de preços FCOJ x caixa de laranja e preocupação de grandes engarrafadores europeus na dependência das três gigantes. O risco aqui é que a falta de coordenação leve aos

mesmos fracassos descritos abaixo, em que processadoras foram vendidas e/ou fechadas, evitando-se assim a “guerra” pela disponibilidade da fruta:

- Frutesp (Bebedouro), hoje pertence ao Grupo Multinacional francês Louis Dreyfus. Anos recentes: Sanderson => Frutesp => LDC. Hoje em operação.

- Futropic (Matão), hoje pertence ao Grupo Multinacional francês Louis Dreyfus. Hoje em operação.

- Citrus Kiki (Engenheiro Coelho), hoje pertence ao Grupo Multinacional francês Louis Dreyfus. Hoje em operação.

- CambuhyMC (Matão), vendida para Citrovita. Hoje sem processamento após fusão com Citrosuco.

- Sucorrigo (Araras), vendida para Citrovita. Hoje em operação.

- Citrosuco (Limeira), hoje com processamento indefinido após fusão com Citrovita.

- CTM Citrus (Limeira), vendida para Cargill Citrus. Hoje sem processamento.

A própria Cargill, multinacional americana, maior empresa de alimentos do mundo, vendeu as suas duas fábricas (Bebedouro e Uchoa), fazendas de citrus e seu aparato logístico, saindo deste setor de negócio.

- Cargill (Bebedouro), vendida para Citrosuco, hoje sem processamento. Cargill (Uchoa), vendida para Cutrale, hoje em operação.

- Branco Peres (Itápolis), vendida para Cutrale. Em operação.

- Frutax (Monte Azul Paulista). Hoje sem processamento.

- Central Citrus (Matão). Hoje sem processamento.

- Bascitrus (Mirassol). Hoje sem processamento.

- KBCitrus (Dobrada). Hoje com processamento indefinido.

- Royal Citrus (Taquaritinga). Hoje com processamento indefinido.

Por outro lado, segundo CitrusBR (2013), no Brasil há atualmente mais de 12 mil produtores rurais de cítricos divididos em três blocos:

- **Pequenos:** produzem até 40 mil caixas de laranja por ano e representam 87% do número total de produtores. São responsáveis por apenas 21% do total de laranjas produzidas.

- **Médios:** produzem entre 40 e 200 mil caixas de laranja por ano e representam 12% do número total de produtores. São responsáveis por 32% do total de laranjas produzidas.

- **Grandes:** produzem mais de 200 mil caixas de laranja por ano e representam apenas 1% do número total de produtores. Apesar disso, são responsáveis por 47% do total das laranjas produzidas.

A atual estrutura de governança e coordenação do SAI da laranja entre os dois agentes (produção agrícola e processamento industrial) se dá de duas formas principais:

- Verticalizada, tendo as indústrias investindo cada vez mais na produção própria de laranjas (alguns já atingindo mais 40%).

- Contratos em três modalidades: spot, curto prazo e longo prazo.

Em ambas as formas aparentam existir algumas deficiências. No caso da verticalização, a indústria usa seus recursos investindo onde o elo de produção agrícola poderia fazê-lo, faltando investimentos em inovação/tecnologia (irrigação, por exemplo) e em pesquisas. No caso dos contratos a relação é apenas por preço.

Como 87% dos produtores são considerados pequenos, seu poder de negociação é pequeno quando comparado ao das três gigantes processadoras (Cutrale, Citrosuco e Dreyfus). Uma possibilidade de melhoria seria a união destes pequenos produtores em grupos aumentando assim seu poder de barganha. Por outro lado, apesar de não fazerem parte deste estudo, os engarrafadores também são gigantes, alguns mais localizados (Europa) e outros globais.

## ***O CONTRATO PADRÃO***

Este modelo pode ser considerado como uma das iniciativas para uma boa coordenação da cadeia, porém ao longo do tempo, pelos problemas históricos de falta de transparência e disputas sem fim, este sistema acabou sendo abolido.

A pedido das lideranças de produtores, que desejavam participar das alterações bruscas de preços causadas por geadas na Flórida, e do próprio governo, cuja postura intervencionista agonizava, na safra 85/86 foi elaborado o denominado

contrato padrão, estabelecendo o preço da fruta em função da média anual do mercado registrado pela bolsa de Nova Iorque (*New York Cotton Exchange*).

Para um bom entendimento do sistema do contrato padrão, é importante destacar um pouco de seu histórico. A safra 85/86 foi talvez aquela que trouxe o maior conjunto de mudanças, desde que a produção de suco concentrado se iniciou. Neste período, uma citricultura tímida e confinada ao mercado interno foi transformada num extraordinário setor econômico, competente, ágil e moderno, capaz de sustentar décadas seguidas de crescimento. Isso ocorreu no mesmo período histórico em que a estrutura econômica e social do país sofria distorções terríveis decorrentes de elevadíssimas taxas inflacionárias, sucessivas trocas de moeda, congelamentos de preços, confiscos, choques e planos econômicos, deterioração dos serviços públicos, trocas de governos nem sempre à altura das necessidades da nação.

Mesmo assim, construíram-se no interior de São Paulo o maior parque citrícola do mundo e uma agroindústria bastante avançada, responsáveis pela metade do suco de laranja produzido no mundo e por 80% do suco comercializado nos cinco continentes. Isto, apesar das constantes queixas dos citricultores e industriais, dos tributos em toda a cadeia de produção, da falta de financiamento e das barreiras tarifárias e não tarifárias impostas pelos países compradores, as quais não foram jamais objeto de troca pela abertura do mercado brasileiro aos produtos estrangeiros, que se verificou nesta década.

O contrato padrão, que constituía a autorregulamentação do setor e sem a participação do governo, dispunha sobre as condições gerais mínimas aplicáveis a todos os contratos individuais de compras de frutas e era negociado pelas respectivas associações e pela Federação da Agricultura do Estado de São Paulo (FAESP) com as associações das indústrias. Estabelecia essencialmente os mecanismos de formação de preços, de colheita, de adiantamentos por conta de entrega futura. Entretanto, não impedia que outras negociações ocorressem diretamente entre citricultores e industriais, fixando condições mais vantajosas àqueles. Na verdade, era um contrato mínimo e não um contrato padrão. Neste modelo de coordenação não ficam definidos os mecanismos para alavancagem do setor como um sistema agroindustrial, ou seja, definir-se apenas regras de compra e

venda de frutas não é suficiente para garantir e/ou aumentar a competitividade (NEVES *et al.*, 2003).

A autorregulamentação funcionou muito bem enquanto os preços do suco no mercado internacional estavam altos, refletindo-se no valor da laranja para a industrialização, que chegou a atingir US\$ 3.73 por caixa na safra 88/89 com base na estrutura do contrato padrão. Mas o preço alto valia também para o produtor da Flórida, porém este era (é até hoje) protegido pela tarifa de importação do FCOJ brasileiro.

Assim, plantou-se indiscriminadamente no Brasil, até em reservas indígenas no Rio Grande do Sul. Muito pouco se investiu em pesquisa e em melhoria da produtividade, os produtores preferiam investir em imóveis e veículos. Isso, valida que um bom modelo de coordenação deva cobrir a cadeia como um todo. Os pomares na Flórida foram restabelecidos em termos de produção, o que levou já na safra 90/91, a uma queda vertiginosa dos preços do FCOJ levando consigo o preço da fruta paga aos produtores, cujo valor máximo foi de US\$ 1.11 por caixa.

Já as alterações no cenário da safra 95/96 não foram apenas negativas. Houve aumento de consumo no mercado interno, tanto de fruta fresca (46%), quanto de suco pronto para beber, em embalagens cartonadas (tipo Tetrapak), impulsionado pela entrada da Parmalat e Danone neste mercado (MARINO, 1999).

Contestado na Justiça, sem sucesso, o contrato foi levado pelos produtores ao CADE (Conselho Administrativo de Defesa Econômica). Este entendeu que o contrato era anticoncorrencial, pois ao fixar preço mínimo, inseria na livre negociação um mecanismo de proteção ao agricultor ineficiente à custa do produtor eficiente. Estabeleceu-se, pela primeira vez desde 1961, através do primeiro compromisso de cessação assinado pelo CADE, a "total liberdade" ao setor citrícola, mas ainda carente de uma boa coordenação da cadeia. É interessante ressaltar que ainda hoje existem produtores que se queixam da perda do contrato padrão (AGRA INFORMA, 2007).

Após quase 30 anos em um ambiente de forte regulamentação, o ajuste a nova condição de liberdade seria difícil tanto para os produtores de citrus como para as processadoras. As negociações, feitas com base em padrões mínimos

e conduzidas de forma individual, passaram a obedecer às leis de mercado e sem esses padrões. Um fator marcante, e até hoje muito questionável do ponto de vista de oportunidade de otimização da cadeia, foi a colheita não mais ser de responsabilidade da indústria e sim do próprio produtor, que na maioria dos casos tinha menor poder de negociação.

Outra mudança foi relacionada aos adiantamentos, os quais passaram de automáticos a negociados caso a caso. Um grande problema a competitividade e visão da cadeia como um todo foi que o planejamento do setor industrial passou a ser feito baseado na fruta que lhe fosse oferecida pelo preço do dia e não mais contratada pela safra inteira, com isso o plantio de variedades tinha (e tem ainda hoje) o foco agrícola e não o resultado da cadeia (HASSE, 1987).

As mudanças vieram para beneficiar o setor com maior liberdade, criatividade e rentabilidade. Com isso, as duas primeiras tentativas de coordenação da cadeia de citrus: controle rígido pelo governo e contrato padrão; acabaram por não ter continuidade. Desde esta época fica claro o nível de complexidade das relações neste setor, pois cabe lembrar que o setor citrícola cresceu sem planejamento de médio e longo prazo, sempre dentro de uma visão imediatista, daí os conflitos que se agravaram à medida que cresceu o volume de negócios com o exterior.

## ***O MODELO CONSECITRUS PROPOSTO EM 2012***

Em Agosto de 2012 foi apresentado pela MBAgro, aos moldes do Consecana (Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Alcool do Estado de S. Paulo) em uso pela Indústria Sucro-Energética; um modelo a ser aplicado na remuneração da cadeia citrícola (agrícola + industrial), em atendimento a solicitação do CADE (Conselho Administrativo de Direito Econômico) por ordem do Conselheiro Ricardo Machado Ruiz pelo Ofício Nº 2776/2012/CADE.

Este modelo, que iniciou com uma participação mais ampla das entidades envolvidas com o SAI da Laranja, acabou por ser elaborado com uma participação menos representativa: pela CitrusBR, entidade que representa os interesses dos processadores brasileiros, tanto no Brasil, quanto no exterior, e com

a SRB (Sociedade Rural Brasileira), que aparentemente tem baixa representatividade junto a citricultura.

Segundo os autores, os conceitos que norteiam o modelo Consecitrus (Conselho dos Produtores de Laranja e da Indústria de Suco de Laranja) são: trata-se de um modelo de risco, em que o valor da caixa de laranja é definido a partir dos preços de mercado do suco e subprodutos; tem por base alta tecnologia, com máximo uso de recursos e produtividade tanto agrícola quanto industrial e trata-se de um modelo de precificação dinâmico, participativo, transparente e de adesão voluntária.

Acontece, porém, que estes conceitos têm sido alvo de severas críticas e questionamentos, tanto que não chegou a ser usado na prática. A Associtrus (Associação Brasileira de Citricultores), entidade de maior representatividade da área agrícola em citrus, apresentou manifestação ao CADE questionando diversos aspectos do modelo (ASSOCITRUS, 2014).

Aparentemente este processo deve ter começado e seguido de uma forma possivelmente desalinhada. No início (Outubro/2010) todas as entidades envolvidas, ou seja, Secretaria do Estado de São Paulo, Associtrus, FAESP (Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de São Paulo), CitrusBR e SRB; concordaram na criação do Consecitrus. Porém, em 2011 as reuniões deixaram de acontecer e em 2012 foi apresentado o modelo elaborado sem a efetiva participação e representação de todas as entidades, sendo assim questionado como um modelo unilateral.

Um dos aspectos mais interessantes do modelo, apesar de contestado pela Associtrus, é a proposta de partilha das sobras, ou seja, a partir do valor de venda do suco de laranja, todos os custos da cadeia são cobertos e a sobra é partilhada com base nos investimentos (CAPEX - *Capital Expenditure*) de cada lado da mesma. Em uma etapa posterior, após consolidação de um modelo de consenso, esta partilha poderia ser focada em ganhos de produtividade e não em CAPEX, de forma a aprimorar cada vez a competitividade desta cadeia. Neste modelo, a partilha é 36% para a produção agrícola e 64% para a produção industrial. Novamente a coordenação parece ser primordial para que esta proposta seja efetiva na prática, pois demanda 100% de transparência nas relações e nos dados relativos a custos, produtividade, eficiência.

O Quadro 07 apresenta o resumo dos valores propostos no modelo Consecitrus, na versão pública "Princípios metodológicos do modelo de parametrização e de divisão de riscos e retorno na cadeia citrícola brasileira".

<b>RECEITA GLOBAL FCOJ + NFC + SUBPRODUTOS</b>			
Taxa de câmbio (R\$/US\$)	2,00		
<b>RENDIMENTOS</b>			
FCOJ - cx/t e kg/cx	265	3,774	
NFC - cx/t e kg/cx	53	18,868	
NFC convertido a 66°Brix	304	3,288	
FCOJ (80%) + NFC (20%)	272	3,676	
Óleo Essencial - cx/kg e kg/cx	9,5	0,105	
Terpenos - cx/kg e kg/cx	13,3	0,075	
Essência Fase Aquosa - cx/kg e kg/cx	0,0	0	
Essência Fase Oleosa - cx/kg e kg/cx	200,0	0,005	
Farelo de Polpa Cítrica - kg/cx		4,2	
<b>PREÇOS (US\$/t)</b>			
FCOJ	2 200		
NFC	535		
NFC convertido a 66°Brix	3070		
FCOJ (80%) + NFC (20%)	2 356		
Óleo Essencial	1 300		
Terpenos (Cítrico e de Laranja)	1 300		
Essência Fase Aquosa ( <i>Water Phase</i> )	1 000		
Essência Fase Oleosa ( <i>Oil Phase</i> )	2 000		
Farelo de Polpa Cítrica (CPP)	150		
<b>CUSTOS INDUSTRIAIS (R\$/cx)</b>			
<b>Logística Marítima, Operações Portuárias, Adm e Vendas no Exterior</b>	<b>1,67</b>	<b>7,39</b>	<b>2,81</b>
Operações Terminal Portuário na Europa e América do Norte	0,13	0,72	0,25
Administração de Vendas	0,16	0,88	0,30
Capital de Giro no Exterior	0,40	0,40	0,40
Afretamento Marítimo	0,98	5,39	1,86
<b>Escoamento Terrestre Operações e Tarifas Portuárias no Brasil</b>	<b>0,64</b>	<b>2,26</b>	<b>0,96</b>
Despachos Aduaneiro	0,05	0,00	0,04
Operações Terminal Portuário	0,10	0,55	0,19
Frete Terrestre Fábricas ao Porto - Suco de Laranja	0,27	1,49	0,51
Frete Terrestre Fábricas ao Porto - Subprodutos Líquidos	0,02	0,02	0,02
Frete Terrestre Fábricas ao Porto - Subprodutos Sólidos	0,20	0,20	0,20
<b>Processamento Laranja, Produção, Administração Industrial</b>	<b>0,97</b>	<b>0,97</b>	<b>0,97</b>
Mão-de-obra (incluindo terceiros)	0,35	0,35	0,35
Serviços terceirizados	0,09	0,09	0,09
Contribuições Sindicatos	0,01	0,01	0,01
Manutenção	0,05	0,05	0,05
Comunicações	0,02	0,02	0,02
Despesas de viagem	0,02	0,02	0,02
Suprimentos diversos	0,01	0,01	0,01
Despesas jurídicas	0,00	0,00	0,00
Capital de Giro no Brasil	0,40	0,40	0,40
Outras Despesas	0,02	0,02	0,02
<b>Material de Embalagem</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>
Suco	0,00	0,00	0,00
Subprodutos	0,05	0,05	0,05
<b>Operacional Industrial</b>	<b>2,51</b>	<b>2,51</b>	<b>2,51</b>
Mão-de-obra (incluindo terceiros)	0,46	0,46	0,46
Energia Elétrica	0,72	0,72	0,72
Combustíveis	0,78	0,78	0,78
Manutenção	0,25	0,25	0,25
Aluguel de Equipamentos	0,14	0,14	0,14
Limpezas + Utilidades	0,06	0,06	0,06
Outras Despesas	0,10	0,10	0,10
<b>Recepção e Transferência de Frutas</b>	<b>0,31</b>	<b>0,31</b>	<b>0,31</b>
Recepção e Armazenamento	0,02	0,02	0,02
Frete Retransporte	0,29	0,29	0,29
<b>TOTAL</b>	<b>6,15</b>	<b>13,49</b>	<b>7,62</b>
<b>CUSTOS AGRÍCOLAS (R\$/cx)</b>			
<b>Produção de Laranja na Árvore</b>	<b>4,82</b>		
Custos Operacionais	4,82		
<b>Colheita e Transporte de Laranja a Fábrica</b>	<b>3,30</b>		
Colheita	2,15		
Frete	1,15		
Despesas de Apoio Colheita	0,00		
Administração Agrícola	0,50		
<b>TOTAL</b>	<b>8,62</b>		
<b>RESULTADO DA CADEIA PRODUTIVA</b>			
Total Consecitrus	100%	1,41	2,81
Parcela disponível Industrial	64%	0,90	1,80
Parcela disponível Agrícola	36%	0,51	1,01
<b>PREÇO FINAL CAIXA DE LARANJA</b>		<b>4,82</b>	<b>9,63</b>

**Quadro 07 - Resumo da proposta Consecitrus**

Fonte: MBagro, 2012.

Apesar de não estar explícito, aparentemente os riscos também seriam partilhados na mesma proporção atribuída a distribuição dos ganhos. Ou seja, apesar de o modelo apresentar apenas uma condição de preço de suco e a mesma ser bastante favorável, ou seja: US\$2200 por tonelada de FCOJ, em situações em que os preços não cobrirem os custos da cadeia, esta mesma proporcionalidade (36:64) seria aplicada na precificação da caixa de laranja.

Neste modelo Consecitrus, alguns produtos típicos não foram considerados. Segundo Tetrapak (1998), do esmagamento da laranja, obtém-se, além dos sucos concentrado e “NFC (*Not from Concentrated*)” suco integral pasteurizado; as bases concentradas de sólidos secundários (“*pulp, core e/ou peel-wash*”), óleos essenciais, terpenos, essências, células e farelo de polpa cítrica. Segundo Kesterson *et al.* (1976) e Braddock (1999), além destes, há também vários outros possíveis produtos, porém, considerados como secundários devido a sua baixa exploração, representando vasto campo de pesquisa. São citados: a polpa desidratada (fibra), flavonóides como hesperidina, naringina, dihidrochalconas e flavonas polimetoxiladas (usados pela indústria farmacêutica na prevenção de câncer, inibição de tumores, proteção de vasos sanguíneos, redução de colesterol etc.), limonóides (compostos tetracíclicos triterpenóides com propriedades farmacológicas), produtos da casca (estabilizantes e cascas para consumo direto), pectina, geleias, purês, gomos (vendidos em latas ou sacos plásticos, prontos para comer), produtos das sementes (biocidas, óleo comestível e concentrado proteico), álcool, vinho e vinagre.

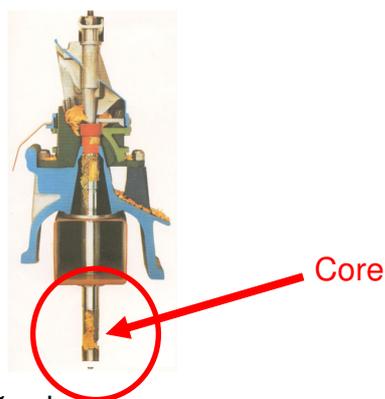
Ferreira (2005), também destaca a possibilidade de obtenção de uma bebida com bom valor agregado, a partir da casca da laranja. Como se vê, da laranja não se perde praticamente nada, até a água que vem da fruta é reaproveitada no processo e os resíduos sólidos e líquidos são aproveitados como fertilizantes via compostagem e ferti-irrigação, respectivamente.

Também não fica claro, neste modelo Consecitrus, se alguns produtos típicos foram considerados, em especial sólidos secundários (*Core-Wash*), cujo valor de mercado pode variar de 50 a 80% do valor do FCOJ. Alguns cuidados devem ser tomados quando se usa o termo “sólidos secundários” (alguns os dividem em sólidos terciários), pois segundo Kimball (1999), estes podem incluir fontes diversas. Com o desenvolvimento de sistemas denominados “*de-bittering*”, que permitem extraírem-

se compostos que conferem amargor e adstringência, os sólidos que antes eram apenas descartados para a fábrica de farelo de polpa cítrica, são recuperados com maior valor agregado. Assim podemos incluir nesta lista:

- *Pulp-Wash*: pode operar com 1 a 4 estágios de lavagem em contracorrente da polpa e obtenção de sólidos a serem incorporados *in line* (Directive 2012/12/EU, 2012) na produção do FCOJ.

- *Core-Wash*: obtenção de sólidos remanescentes na membrana interna (*core*) da laranja separada durante a extração, conforme Figura 10.



**Figura 10** - Sistema FMC de extração de suco.

**Fonte:** Kimball, 1999.

- *Peel-Wash*: obtenção de sólidos remanescentes na casca (*peel*) da laranja separada durante a extração.

- *Água-Amarela*: ainda pouco explorada, mas recupera sólidos presentes na água de recirculação do sistema de obtenção do óleo essencial.

Outro subproduto importante não relacionado no modelo Consecitrus é a "FOC (*Frozen Orange Cells*)" ou Células de Laranja Congeladas, o qual ganhou importância recente no mercado chinês.

Por outro lado, neste modelo proposto para o Consecitrus, todos os custos são agregados ao suco e as receitas com subprodutos são subtraídas deste montante. Este conceito parece ser bastante interessante, pois a complexidade, esforços necessários e ainda o baixo nível de acuidade nos dados, levam praticamente a impossibilidade de se trabalhar com custos segregados por subproduto. Mesmo se usado o critério por rateio, ainda assim poderia não haver a acuidade necessária. Isto se deve ao fato de que diversos equipamentos, operações

unitárias e áreas dentro das indústrias servem aos mesmos produtos simultaneamente. Por exemplo: vapor é usado praticamente para obtenção de todos os produtos, bem como os custos fixos da área de manutenção, recursos humanos etc. Apenas por estes exemplos é possível imaginar a complexidade de segregação de custos por produto. A própria alocação dos custos com matéria-prima já poderia ser bastante complexa e pouco acurada.

A própria CitrusBR (2013) apresenta dois estudos em seu *website*, os quais fazem uso do mesmo método de apuração de custos alocados 100% ao suco subtraídos das receitas dos subprodutos, ao invés da segregação de custos individualizados por produto, conforme Tabela 01:

SAFRA	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06	06/07	07/08	08/09	09/00
Rendimento FCOJ + Sólidos (cx/t)	245,8	236,1	224,1	225,8	241,6	227,1	232,9	229,9	255,0	262,9
Taxa de Câmbio (R\$/US\$)	1,93	2,44	3,22	2,99	2,79	2,30	2,13	1,82	1,97	1,85
Custo médio: logística marítima, operações portuárias, administração, vendas e capital de giro exterior (US\$/t)	130	128	118	127	120	141	160	181	179	156
Custo médio: escoamento terrestre, operações portuárias Brasil (US\$/t)	39	35	28	33	38	48	53	66	70	79
Custo médio: produção de suco e subprodutos e capital de giro (US\$/t)	300	265	164	234	230	293	326	432	449	497
<b>Custo médio Total (US\$/t)</b>	<b>469</b>	<b>428</b>	<b>310</b>	<b>394</b>	<b>388</b>	<b>482</b>	<b>539</b>	<b>679</b>	<b>696</b>	<b>731</b>
Receitas Subprodutos (US\$/t)	121	132	145	173	117	148	162	219	247	197
<b>Custo Médio Total - Receita Subprodutos (US\$/t)</b>	<b>348</b>	<b>296</b>	<b>165</b>	<b>221</b>	<b>271</b>	<b>334</b>	<b>377</b>	<b>460</b>	<b>449</b>	<b>534</b>

**Tabela 01** - Custos médios por tonelada de FCOJ.

Fonte: CitrusBR, 2013.

Outro aspecto importante a ser avaliado dentro do modelo proposto pelo Consecitrus 2012, além da aparente não inclusão de recuperação total de sólidos secundários, é o rendimento de suco apresentado, o qual é muito inferior aos dados históricos apresentados pela própria CitrusBR (2013), conforme Tabela 01.

Calculando-se a média aritmética nas safras apresentadas, chega-se a um rendimento de 4,20 kg/cx (ou 238 cx/t), bem superior aos 3,77 kg/cx (ou 265 cx/t) descrito no modelo Consecitrus 2012; o que significa 27 caixas a mais para se obter uma tonelada de FCOJ ou 11% a menos de suco obtido.

Por fim, o modelo Consecitrus traz do lado industrial os rendimentos dos produtos com os respectivos preços e os custos subtraídos das receitas com subprodutos, sendo compostos por:

- logística marítima, operações portuárias, administração e vendas no exterior;
- escoamento terrestre, operações e tarifas portuárias no Brasil;

- processamento de laranja, produção de suco, subprodutos e administração;
- material de embalagens;
- operacional indústria;
- recepção e transferência de terceiros do "bin" (silo) e fábricas.

Do lado agrícola os custos são compostos por: produção de laranja na árvore, colheita e transporte à fábrica e administração agrícola. As assunções principais, dentre outras, foram:

- 20 anos de vida útil do pomar;
- 20% de precoces (Hamlin) = 3,5 cx/pl + 30% de médias (Pera-Rio) = 2,0 cx/pl + 50% de tardias (Valência 30% e Natal 20%) = 2,6 cx/pl;
- 681 plantas/ha;
- 2% de mortes de plantas por ano.

O modelo leva em conta um preço de FCOJ de US\$ 2,200.00 por tonelada. Considerando que este seja um valor já com desconto das taxas dos mercados de destino, o mesmo pode ser considerado como muito alto comparando-se com a base histórica (Tabela 02). Ainda assim, os resultados para a cadeia não são muito atrativos: Industrial com margem de EBITDA em torno de 10% e lucro líquido em torno de R\$ 1.000,00 por hectare. Caso devam ser descontadas as taxas, os resultados ficariam ainda piores. Outro aspecto relacionado é que preços de suco muito altos podem tornar-se atrativos para que outros concorrentes ao Brasil (América Central, México, África etc.) possam implantar um parque citrícola.

SAFRA	FCOJ vendido América Norte		FCOJ vendido na Europa		Média FCOJ vendido (AN + Europa)		Laranja adquirida pela Indústria	
	t	US\$/t	t	US\$/t	t	US\$/t	cx (MM)	US\$/cx
00/01	210 428	678	569 444	825	779 872	785	136	2,12
01/02	124 051	858	580 750	888	704 801	883	123	2,96
02/03	203 953	926	544 691	1 089	748 644	1 045	197	3,03
03/04	160 717	554	581 970	1 048	742 687	941	148	3,16
04/05	199 236	795	636 290	864	835 526	848	215	2,81
05/06	192 707	1 349	641 931	1 078	834 638	1 141	200	3,37
06/07	195 592	2 144	632 909	1 726	828 501	1 825	237	4,63
07/08	200 254	1 398	614 609	2 043	814 863	1 884	226	5,43
08/09	121 518	799	609 490	1 501	731 008	1 384	205	5,28
09/10	162 252	1 322	656 889	1 122	819 141	1 162	171	3,85
<b>TOTAL</b>	<b>1 770 708</b>	<b>1 105</b>	<b>6 068 973</b>	<b>1 224</b>	<b>7 839 681</b>	<b>1 197</b>	<b>1 859</b>	<b>3,80</b>

23%

77%

**Tabela 02** - Preços históricos de FCOJ.

Fonte: CitrusBR, 2013.

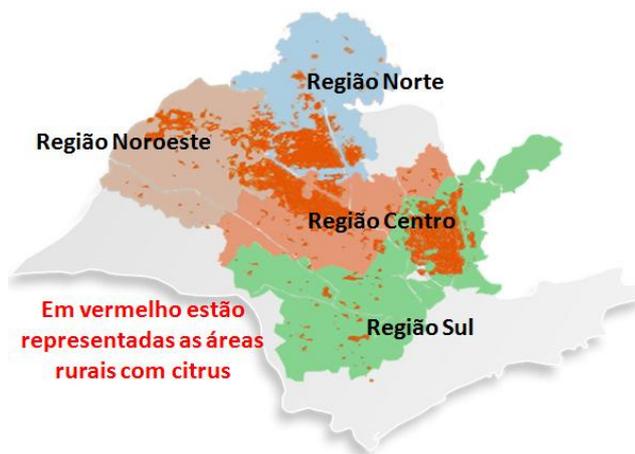
EBITDA (*Earnings Before Interest, Tax, Depreciation and Amortization*) ou LAJIDA (Lucro Antes de Juros, Impostos, Depreciação e Amortização) é obtido subtraindo-se os custos e despesas da receita (vendas). Neste caso, a receita é composta apenas da venda do suco, uma vez que as vendas de subprodutos é parte dos custos. Margem de EBITDA é o percentual do EBITDA sobre receita (vendas). Este tem sido um indicador importante nas avaliações de desempenho e "saúde financeira" das empresas.

### 4.3. INFRAESTRUTURA E INSUMOS

Possivelmente existam quatro grandes desafios em infraestrutura e insumos atualmente para os dois agentes (produção agrícola e processamento industrial) do SAI da laranja.

O primeiro deles se refere aos custos de logística desde a movimentação dos frutos as fabricas, até o embarque dos produtos nos portos marítimos. Frota obsoleta, estradas em más condições, pedágios e custos nos portos, são partes deste problema.

O segundo é o fato que o parque citrícola, representado principalmente pelo denominado cinturão citrícola, localizado no Estado de São Paulo e sul de Minas Gerais (Figura 11), desde a década de 1990 vem sofrendo perdas significativas em função de doenças, as quais têm elevado substancialmente os custos de produção agrícola e industrial.



**Figura 11.** Cinturão Citrícola.

Fonte: Agra Informa Ltd., 2007.

Outra grande ameaça à citricultura brasileira é a rápida expansão da cana-de-açúcar. Historicamente esses dois SAI's sempre competiram em condições iguais, passando de forma intercalada por períodos de alta e de baixa de preços. Assim, num ciclo de preços altos da laranja, esta avançava sobre as áreas de cana, que por sua vez, no ciclo subsequente e inverso retomava sua área e avançava sobre a área da laranja, e assim sucessivamente (BRUNSTEIN e TOMIYA, 1995).

Nestes últimos anos, porém, devido à crescente preocupação mundial com as mudanças climáticas e emissões de carbono via queima de combustíveis fósseis, a produção de etanol ganhou destaque e espaço significativo, levando até ao desenvolvimento de automóveis movidos a dois combustíveis. Aparentemente, isso levou ao SAI da cana a uma maior competitividade que o citrus (PAIVA e MORABITO, 2007).

Com isso, as áreas de produção de cítricos têm sido “empurradas” para o sul do Estado de São Paulo, onde rendimentos são menores, bem como o “*ratio*”, criando restrições à colocação do suco em alguns mercados. Redd *et al.* (1986) definem *ratio* como sendo uma medida indireta do grau de maturação da fruta, obtido pela divisão do percentual de sólidos solúveis medido em graus Brix corrigido pela acidez expressa em g/100g de ácido cítrico.

Alterações no *ratio* e na eficiência de extração do suco (rendimento normalmente medido em número de caixas laranja de 90 libras necessárias para produzir uma tonelada de suco concentrado) podem comprometer de forma significativa o SAI da laranja.

A quarta grande ameaça aparece com a menor disponibilidade de mão de obra. O aquecimento do mercado de trabalho no Brasil nestes últimos anos, gerado pela maior estabilidade da economia, tem levado a uma escassez na mão de obra, em especial dos colhedores de laranja.

No Brasil, até o momento, não foi possível desenvolver-se uma colhedora mecanizada de laranja, devido aos danos que traz as árvores e a baixa eficiência. Com isso, a dependência de mão de obra ainda é grande.

Além do aquecimento do mercado de trabalho, a forma de contratação da mão de obra oferece baixa atratividade, devido à sazonalidade na oferta de emprego. Isso acontece na colheita de fruta e em algumas atividades específicas dentro da indústria.

A dinâmica atual do SAI da Laranja apresenta, tipicamente ofertas de vagas como safristas durante um período que pode variar de 3 a 8 meses apenas, diminuindo o interesse para este tipo de trabalho. Esta dinâmica traz também problemas de ordem social, causado pela falta de colocação e renda durante o período de entressafra para famílias que não conseguem outra ocupação.

Dentro deste cenário de ameaças, a busca por alternativas de sobrevivência se faz urgente de forma a reduzir custos em toda a cadeia, aumentar a competitividade e melhorar a forma de contratação de funcionários, trazendo também ganhos de ordem social. Assim, o uso do conceito de dinâmica de sistemas, já estudado e aplicado em outros SAIs, tais como: **Soja** (“Relações Causais na Discussão sobre Organismos Transgênicos no Complexo da Soja”), **Açúcar** (“Uso de Simulação Baseada em dinâmica de sistemas para Análise de Cadeias Agroindustriais”), **Pecuária de Corte** (“Uma Aplicação da Metodologia de Dinâmica de Sistemas à Análise da Coordenação Vertical na Cadeia Produtiva da Pecuária de Corte”) e **Florestas** (“Utilização de Dinâmica de Sistemas no Gerenciamento de Florestas”), pode muito bem ser usado na simulação de cenários com extensão de safras e formas de remuneração da cadeia, considerando: produtividade, rendimentos, eficiência e custos de produção da área agrícola e industrial, de forma a evitar que um segmento da cadeia seja prejudicado em detrimento do todo, representando um marco para este setor.

#### **4.4. RELAÇÃO ENTRE PRODUÇÃO AGRÍCOLA E INDUSTRIAL**

De alguma forma, a experiência internacional do Brasil como exportador de cítricos iniciou-se na década de 1920, como algumas experiências desastrosas seguidas de outras bem sucedidas. Foi possível criar um aprendizado neste jogo de tentativas e erros, tendo Dierberger como um pioneiro, o qual pode contrariar algumas expectativas, como por exemplo, de que o mercado de Londres (Inglaterra) era melhor em termos de lucros do que o mercado de Hamburgo (Alemanha). Outro ponto importante foi a contratação de uma empresa

representante na Europa, o que é feito até hoje por muitas empresas, e que trouxe enormes benefícios as operações.

A indústria de suco de laranja foi efetivamente implantada no Brasil em meados da década de 60, por conta de uma grande geada na Flórida, responsável pela destruição de cerca de 50% da produção naquele estado americano. Anteriormente a este período, algumas iniciativas tímidas foram tomadas neste sentido, como por exemplo: a produção de óleo essencial da casca. Com o passar dos anos, novas geadas atingiram a Flórida, levando-a a perder para o Brasil a posição de primeiro no lugar na produção e exportação de FCOJ. Assim, o Brasil alcançou rapidamente um nível tecnológico equivalente ao dos países mais adiantados no setor e hoje é considerado como ponta na produção de sucos. Hoje, a participação de indústrias brasileiras no processamento de suco de laranja na Flórida é expressiva (SPREEN e JAUREGUI, 2009).

Hoje a citricultura na Flórida está localizada mais ao sul do estado. Ela se moveu do norte para o sul ao longo do tempo, ficando assim, cada vez menos susceptível as geadas. Na década de 1960, porém, a falta de matéria-prima para produzir suco obrigou os americanos a procurar laranja pelo mundo, a fim de abastecer o gigantesco mercado dos Estados Unidos. O Brasil, que já engatinhava na produção de suco, foi um dos países diretamente beneficiados pela geada.

A partir do conceito desenvolvido pela Suconasa, hoje Cutrale (Araraquara), a indústria cítrica brasileira alavancou-se drasticamente tornando-se um fenômeno internacional. O conceito era baseado em que a finalidade primordial da laranja no Brasil é ser matéria-prima para produção de FCOJ e seus subprodutos. Isso mudou a forma de atuação do Brasil, que via na citricultura o mesmo modelo europeu, ou seja, o principal era produzir uma fruta de boa cor, aspecto agradável, casca fina, pouco bagaço, sabor agridoce, enfim, laranja típica para o mercado de fruta fresca (*in natura*), tanto europeu, quanto brasileiro. As sobras (ou refugos) deveriam ser destinadas a industrialização.

Hoje, reconhecidamente a laranja brasileira é considerada como "feia" por fora, mas com excelente suco por dentro. Já na Califórnia e em alguns países da Europa, é o contrário, ou seja, as laranjas são muito bonitas externamente (próprias para a mesa), porém com qualidade muito ruim de suco (não adequadas a industrialização).

Aqui já ficava evidente a necessidade de uma boa coordenação da cadeia, apesar disso, a partir 1966 as vendas se firmaram e a indústria cítrica brasileira não parou mais de crescer até a década de 1990 (AGROANALYSIS, 1996).

Pode-se dizer que a primeira coordenação, até meados dos anos 80, era feita pelo governo, o qual intermediava as relações entre produtores e industriais, definindo preços, quantidades etc. Experimentou-se, em seguida, a autogestão, quando os dois lados "se entenderam" diretamente, mas que na verdade carecia de uma boa coordenação.

Até hoje é possível verificar-se que as relações são tensas, pouco transparentes e, até certo ponto, predatórias. Várias foram as tentativas para o desenvolvimento do mercado interno para suco de laranja, porém o consumo, apesar de ter aumentado para o tipo "pronto para beber", ainda é muito pequeno quando comparado aos mercados europeu e americano. Até hoje é comum, em situações de preços baixos da caixa de laranja, ouvir-se "vamos incrementar o consumo usando suco de laranja na merenda escolar" (AGROANALYSIS, 1996).

Nos momentos de crise intensa, em especial em meados da década de 1970, foram criadas as associações representando os dois lados da cadeia: a Associtrus (Associação Paulista de Citricultores) e a Associação Brasileira das Indústrias de Sucos Cítricos (Abrassucos). Além de representarem os dois lados da atividade (agricultura e indústria), a Associtrus e a Abrassucos nasceram para facilitar os contatos com o Comitê de Comercialização de Cítricos, criado no âmbito da CACEX (Carteira de Comércio Exterior do Banco do Brasil), para tentar ordenar os esforços nacionais no mercado internacional de suco. Na prática, a CACEX tornou-se uma espécie de cartório disposto a apaziguar as brigas entre produtores de laranja e produtores de suco e a acomodar as disputas do setor industrial para obter melhor posição no mercado externo.

Hoje há basicamente duas entidades representativas dos dois agentes do SAI da laranja: a CitrusBR que representa os processadores industriais (anteriormente Abecitrus) e a Associtrus que continua representando os interesses dos produtores agrícolas. As relações são tensas entre elas, da mesma forma como entre os produtores rurais e as processadoras individualmente.

Não foi possível identificar em uso um modelo de gestão e nem ferramental que contemple ambos os agentes deste SAI e nem uma coordenação efetiva. O que aparenta ter prevalecido são disputas e perdas de competitividade e concentração neste setor. Esta situação cria condições para o desenvolvimento de um modelo, como por exemplo: em dinâmica de sistemas, que possa ser usado nas relações comerciais e tecnológicas por estes dois agentes.

## 5. METODOLOGIA DO TRABALHO

Segundo Martins (2010), as abordagens metodológicas de pesquisa têm características próprias e, apesar de geralmente serem empregadas individualmente, podem ser conduzidas como multimétodo, que é muito bem visto atualmente. Tanto o método indutivo quanto o dedutivo concordam com o fato de que o fim da investigação é a formulação de leis para descrever, explicar e prever a realidade. As discordâncias estão na origem do processo e na forma de proceder em relação a isso. Enquanto os adeptos do método indutivo (empiristas) partem da observação para depois formular as hipóteses, os praticantes do método dedutivo têm como ponto inicial o problema (ou a lacuna) e as hipóteses que serão testadas pela observação e pela experiência.

O positivismo defende a ideia de que o conhecimento científico é a única forma de conhecimento verdadeiro. De acordo com os positivistas somente pode-se afirmar que uma teoria é correta se ela foi comprovada através de métodos científicos válidos. Os positivistas não consideram os conhecimentos ligados as crenças, superstição ou qualquer outro que não possa ser comprovado cientificamente.

Com relação a postura epistemológica, todas as pesquisas, tanto qualitativas quanto quantitativas, fundamentam-se em pressupostos filosóficos que representam “como” o pesquisador irá aprender e “o que” ele irá aprender com o projeto. A dimensão epistemológica relaciona-se ao conhecimento e como ele pode ser obtido. Por exemplo, se conhecimento é algo que pode ser adquirido procurando regularidades e relações causais, como no caso da abordagem positivista, ou algo que é principalmente relativo e só pode ser entendido do ponto de vista dos indivíduos que estão diretamente envolvidos, como no caso da abordagem interpretativista. Além das abordagens positivista e interpretativista, o autor também pode adotar outras posturas, como por exemplo, uma posição epistemológica crítica (HIRSCHHEIM, 1992).

A metodologia para chegar aos objetivos propostos neste trabalho utilizou o raciocínio Hipotético Dedutivo, o qual foi proposto por Karl Popper, filósofo

austríaco, como forma de contestação e até como crítica severa ao indutivismo. O método hipotético-dedutivo é considerado como uma das formas mais clássicas e importantes do método científico. Este método foi consagrado pela filosofia e pela ciência ocidental e fixou-se no cotidiano de muitas pessoas que se dedicam à produção do conhecimento científico.

O método hipotético-dedutivo tem suas raízes no pensamento de Descartes, que buscou estabelecer um método universal com bases na razão e na matemática. Vale também destacar o papel relevante de Karl Popper, que sofreu influência do Círculo de Viena, onde esta escola buscou recuperar a discussão do que é científico a partir da linguagem da matemática, utilizando-se da linguagem cartesiana e também melhorando a doutrina positivista (PRODANOV e FREITAS, 2013).

Outro aspecto defendido por Karl Popper é que não existe observação pura. Toda a observação é feita tendo como base, pressupostos e teorias prévias que o pesquisador tipicamente já traz consigo. Então, estes pressupostos e teorias são confirmados ou não a partir de suas observações. Desta forma, o método hipotético dedutivo leva a identificação dos problemas existentes entre as expectativas e as possíveis teorias onde serão testados para encontrar e simular as soluções mais justas e plausíveis da realidade (COTRIM, 2000).

Segundo Gil (1994), o Método hipotético-dedutivo consiste na construção de conjecturas (hipóteses) que devem ser submetidas a testes, os mais diversos possíveis. É um método de tentativas e eliminação de erros, que não leva à certeza, pois o conhecimento absolutamente certo e demonstrável não é alcançado.

Pelo método hipotético dedutivo, através das três fases descritas abaixo, é possível desenvolver-se os trabalhos de pesquisa:

- Contexto da descoberta da pesquisa: compreende desde o conhecimento prévio até a elaboração e construção das hipóteses.
- Contexto de justificação: se estende desde os testes até a concepção da nova teoria.
- Na terceira fase estão apenas os questionamentos referentes ao novo problema.

O método hipotético-dedutivo é também denominado de método de tentativas e eliminação de erros, por buscar diminuir as incertezas através das informações obtidas no estudo. Tipicamente toda pesquisa é originada a partir de um problema que busca uma solução por meio de hipótese e tentativas, dessa forma pretende-se reduzir os erros a um mínimo possível. É mais fácil detectar erros e eliminá-los do que simplesmente confirmar-se algo.

As principais ressalvas e vantagens do método hipotético-dedutivo estão descritas abaixo.

- Ressalvas: muitas vezes a dedutibilidade pode não oferecer todas as respostas para a explicação e visar apenas a eliminação de erros pode não ocasionar descobertas ou aproximação da verdade.

- Vantagens: recupera a racionalidade através da dedução, pode-se fazer um bom estudo empírico sem uso da indução e a objetividade da ciência está relacionada aos diversos testes para comprovação ou não das hipóteses.

Em geral, o método hipotético-dedutivo é utilizado para melhorar ou precisar teorias prévias em função de novos conhecimentos, nas quais a complexidade do modelo não permite formulações lógicas. Sendo assim, o método hipotético-dedutivo tem caráter predominantemente intuitivo e necessita, não só para ser rejeitado, mas também para impor a sua validade, a verificação das suas conclusões. Esse mesmo caráter intuitivo torna-o também muito dependente do pesquisador, pois a intuição e a capacidade de predição das hipóteses precisam ser suficientemente brilhantes para induzir resultados válidos (PRODANOV e FREITAS, 2013).

Voss (2009) descreve o estudo de caso como um trabalho de caráter empírico que investiga um dado fenômeno dentro de um contexto real contemporâneo via análise aprofundada de um ou mais casos, permitindo a geração de teoria. É na verdade uma espécie de histórico do fenômeno extraído de múltiplas fontes de evidências onde qualquer fato relevante é um dado potencial para estudo de caso. Tem sido um método poderoso e de pesquisa em gestão de operações, em especial no desenvolvimento de novas teorias e pode ser usado para diferentes tipos de pesquisa, tais como: exploração, construção de teoria, testar uma teoria e estender/refinar uma teoria.

É comum a primeira fonte de dados em estudo de caso ser entrevistas estruturadas, seguidas de não estruturadas e de interações. Outras fontes de dados podem incluir observações pessoais, conversas informais, participação em reuniões e eventos, questionários administrados dentro das empresas e revisão de arquivos. No desenho do estudo de caso, uma pergunta chave é: qual deveria ser o número de entrevistados? Outro ponto a destacar é a escolha entre eficiência e riqueza dos dados, já que verificações consomem um tempo significativo (YIN, 2001).

As técnicas de pesquisa utilizadas nesta tese seguiram o descrito por Lakatos e Marconi (1995). Foram conduzidos levantamentos via documentação indireta, com pesquisa bibliográfica relacionada ao tema (livros, artigos de periódicos nacionais e internacionais, artigos de congressos nacionais e internacionais, artigos técnicos, base de dados de organizações e *web sites*), e via observação direta intensiva, com entrevistas e questionários apresentados diretamente aos participantes, fundamentais para a construção do modelo em dinâmica de sistemas.

Após o estudo da teoria disponível sobre gestão da cadeia de suprimentos, coordenação de cadeias de suprimentos, dinâmica de sistemas e sistema agroindustrial da laranja, foi adotado o estudo de caso como estratégia metodológica.

As principais vantagens da dinâmica de sistemas estão relacionadas a sua capacidade de: investigar as relações entre macro e micro estruturas e seus efeitos sobre o comportamento do sistema; modelar e resolver problemas reais, incorporando fatores biológicos, físicos e econômicos; melhorar o desempenho de um sistema com um melhor uso dos recursos; estudar os fluxos de materiais, informação e recursos financeiros em estruturas econômicas; e não ter um limite dos problemas que possa abranger, podendo captar situações de equilíbrio, desequilíbrio e até mesmo comportamentos caóticos (DAVIDSEN, 1996).

Todas estas vantagens se aplicam adequadamente ao modelo e proposta desta tese.

### **TÉCNICA DE PESQUISA**

O objeto do estudo é o planejamento de safras e a distribuição de variedades para plantio e industrialização no denominado cinturão citrícola, tendo

como Unidades de Análise: cinco grupos de produtores rurais e uma processadora de cítricos. A amostra de estudo foi composta por: administradores agrícolas de cinco grandes grupos de produtores citrícolas representando a produção agrícola. Já do lado da produção industrial, a amostra de estudo foi composta por: dois gerentes de produção, dois gerentes de planejamento e logística, um gerente comercial e um supervisor de controladoria, todos atuando em outros segmentos a época das entrevistas. Em todos os casos houve a premissa na confidencialidade dos dados levantados em seus detalhes. As entrevistas ocorreram nos meses de agosto e setembro de 2013, com alguns retornos no mês de novembro de 2013.

Durante dois meses ininterruptos foram conduzidas as entrevistas e, em alguns casos, alguns entrevistados gentilmente participaram de uma segunda ou terceira seção. Em paralelo foi desenvolvido o modelo em dinâmica de sistemas utilizando-se o software *iThink*<sup>®</sup>, seguindo-se os seis passos definidos por Sterman (2000): articulação do problema, formulação de hipóteses dinâmicas, formulação do modelo de simulação, validação, testes e novas políticas e evolução.

Inicialmente foram entrevistados administradores agrícolas de cinco grupos de produtores, tendo como premissa a confidencialidade dos dados levantados em seus detalhes, por exigência dos mesmos.

As informações foram obtidas mediante entrevistas pessoais que utilizaram questionários semiestruturados. Os questionários foram aplicados junto aos administradores agrícolas conforme Apêndice A.

Os grupos de produtores selecionados e que aceitaram participar das entrevistas são detentores juntos de mais de 500 mil caixas de laranja vendidas por ano à indústria. Por esta razão, são considerados, dentro do setor citrícola, como tendo bom padrão tecnológico e profissionalismo, os quais os levam a ter um bom nível de produtividade e custos.

Nas entrevistas com os administradores agrícolas, as quais foram algumas vezes acompanhadas dos próprios donos das fazendas, foram obtidos dados técnicos relacionados à produção citrícola, bem como as melhores variedades a serem cultivadas para proporcionar a melhor relação entre custo e benefício para a cadeia de suprimentos. Obter estas informações foi o principal objetivo desta parte da pesquisa em campo.

Devido a este setor ser bastante fechado em termos de trocas de informações, não foi possível conseguir um maior número de grupo de produtores dispostos a responder a todos os itens da pesquisa. Este mesmo problema foi encontrado na busca de informações dentro da área industrial.

Na área de produção industrial (primeira transformação), elo seguinte a produção agrícola dentro do SAI da laranja, as dificuldades em obter informações e profissionais para participarem das entrevistas foram ainda maiores. O compromisso com a confidencialidade, em especial com os nomes dos participantes, foi um fato marcante neste processo.

Isso levou a opção para as entrevistas, em buscar profissionais que atuaram por longo período na Produção Industrial, detentores de larga experiência e conhecimento técnico, mas que não mais estavam trabalhando no setor citrícola. Nota-se aqui, também, que a disponibilidade foi pequena em termos de número de entrevistados. O roteiro (Apêndice B) foi então aplicado à: dois Gerentes de Produção, dois Gerentes de Planejamento e Logística, um Gerente Comercial e um Supervisor de Controladoria.

O objetivo aqui foi obter dados técnicos relacionados aos custos industriais, bem como aos rendimentos obtidos com sucos e seus subprodutos. Também foram obtidas informações sobre as principais variedades e oportunidades de ganhos (também buscando a melhor relação entre custo e benefício para a cadeia de suprimentos), dentre outros.

Apesar das dificuldades com disponibilização das informações, elas foram obtidas suficientemente para a confecção do modelo, validando os dados do levantamento bibliográfico e trazendo diversas informações novas e grande valor ao trabalho.

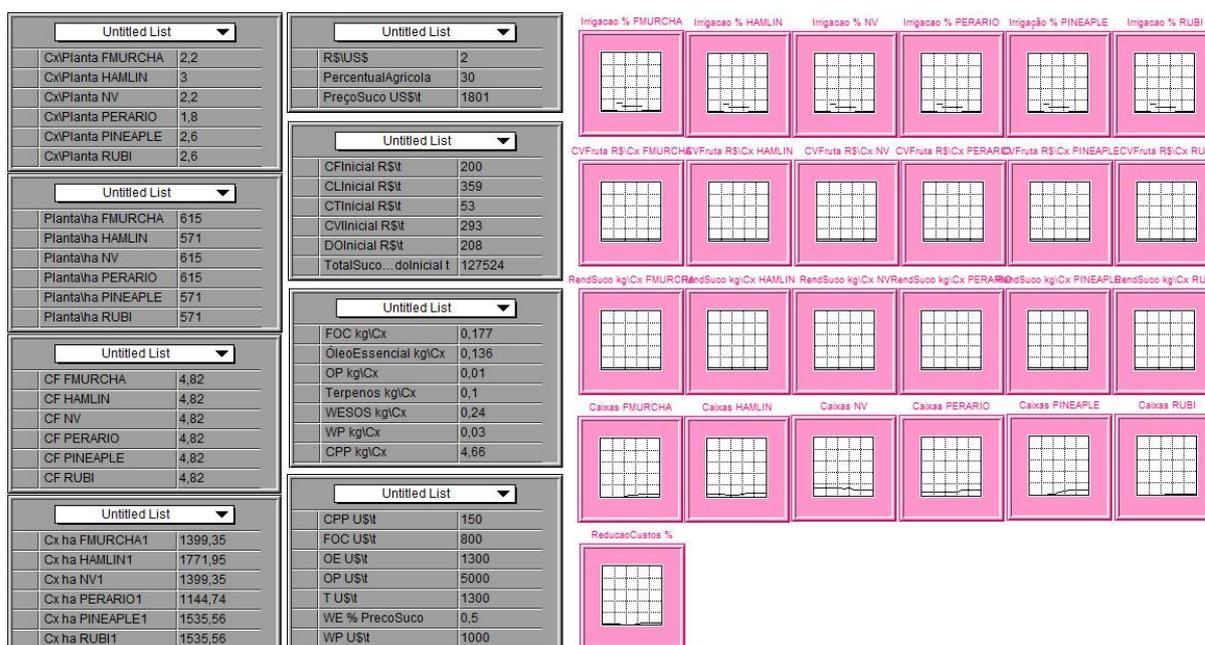
As informações e os dados obtidos permitiram, a partir da utilização de técnicas de dinâmica de sistemas, construir um modelo de simulação do funcionamento de uma cadeia de produção citrícola (considerando somente os elos de produção agrícola e industrial). O modelo foi validado por especialistas e os resultados foram testados em suas partes e no todo, tendo sido construídos três cenários principais: "A", "B" e "C". Neste modelo de simulação, além das interações comerciais, foram contemplados aspectos de PDP/PCP (Projeto de

Desenvolvimento de Produtos / Planejamento e Controle da Produção) com a incorporação de novas variedades, ganhos em tecnologia ao longo da cadeia, simulações de desempenho com o planejamento integrado entre os agentes, com vistas às exigências de mercado.

## 6. APRESENTAÇÃO DO MODELO

A construção do modelo foi feita considerando-se os dois elos do SAI da Laranja (Agrícola e Industrial), utilizando-se a versão 9.1.3 do *iThink*. Esta construção foi desenvolvida em duas fases, típicas em dinâmica de sistemas: uma qualitativa (diagrama de análise causal) e outra quantitativa (diagrama de análise de fluxo e estoque), conforme Apêndice C.

Este modelo permite que diferentes cenários sejam rapidamente gerados a partir de mudanças em quaisquer de seus indicadores, na forma de tabelas ou de gráficos, conforme destacados na Figura 12. Assim, em um período de anos é possível avaliar o desempenho deste setor considerando-se custos, rendimentos e preços ao longo da cadeia.



**Figura 12** – Tabelas e gráficos de indicadores para geração de cenários.

Fonte: Elaboração própria.

O Apêndice C apresenta a visão completa do modelo. Para manter uma boa visualização, evitando-se transposição de linhas, foram usadas as denominadas variáveis fantasmas (representa a cópia de uma variável a ser usada em outro(s) ponto(s) do modelo). Do lado esquerdo foram construídos os itens

relacionados à Produção Agrícola. Ao passo que do lado direito estão os itens relacionados à Produção Industrial. Já ao centro, ficam os itens comuns a ambos e os principais indicadores do SAI.

Como **primeiro passo** para a concepção do modelo, foram definidos as variáveis chaves e o horizonte de tempo. Como a laranjeira leva entre quatro a cinco anos para produzir comercialmente, aliado a renovação típica dos pomares, foram considerados doze anos no modelo.

Foram definidos indicadores-chave para cada agente do SAI da Laranja, como resultado das simulações. Assim, em cada simulação é possível obter-se como indicadores principais em um horizonte de tempo (que pode ser de vários anos, não apenas os doze definidos para este modelo): a margem de EBITDA relacionada à Produção Industrial, o lucro líquido por hectare relacionado à Produção Agrícola e o valor pago pela caixa de laranja como referência para ambos.

Partindo-se destes indicadores-chave, o **segundo passo** foi a definição e o mapeamento das estruturas causais. Para tanto foram usadas as informações e dados obtidos nas entrevistas de campo.

O modelo considera que todos os custos são alocados na produção de FCOJ, como é prática comum do setor e a receita com a recuperação e venda dos subprodutos seja subtraída destes custos. Esta foi uma forma prática que o setor citrícola adaptou para superar as dificuldades e a baixa acuidade na alocação de custos por produtos (subprodutos), mesmo que por rateio.

Sendo assim, para obtenção da margem do EBITDA (%) basta dividir-se a receita com a venda do FCOJ pelo EBITDA. O EBITDA por sua vez é obtido pela receita com a venda do FCOJ (total de suco obtido X preço do suco) subtraído dos custos totais da cadeia. Os custos totais da cadeia contemplam os custos do processamento industrial + os custos da produção agrícola (já considerados os valores da partilha).

O lucro líquido por hectare é obtido pelo valor da soma dos custos de produção agrícola + partilha das sobras das receitas da cadeia, dividido pela área necessária para a produção das caixas de laranja para suprir uma fábrica com capacidade inicial de 30 milhões de caixas/safra.

O valor pago pela caixa de laranja é obtido pela soma dos custos da produção agrícola + o valor da partilha. A partilha das sobras das receitas é feita pelo nível de CAPEX necessário para cada agente, seguindo-se o mesmo conceito do modelo proposto para o Consecitrus.

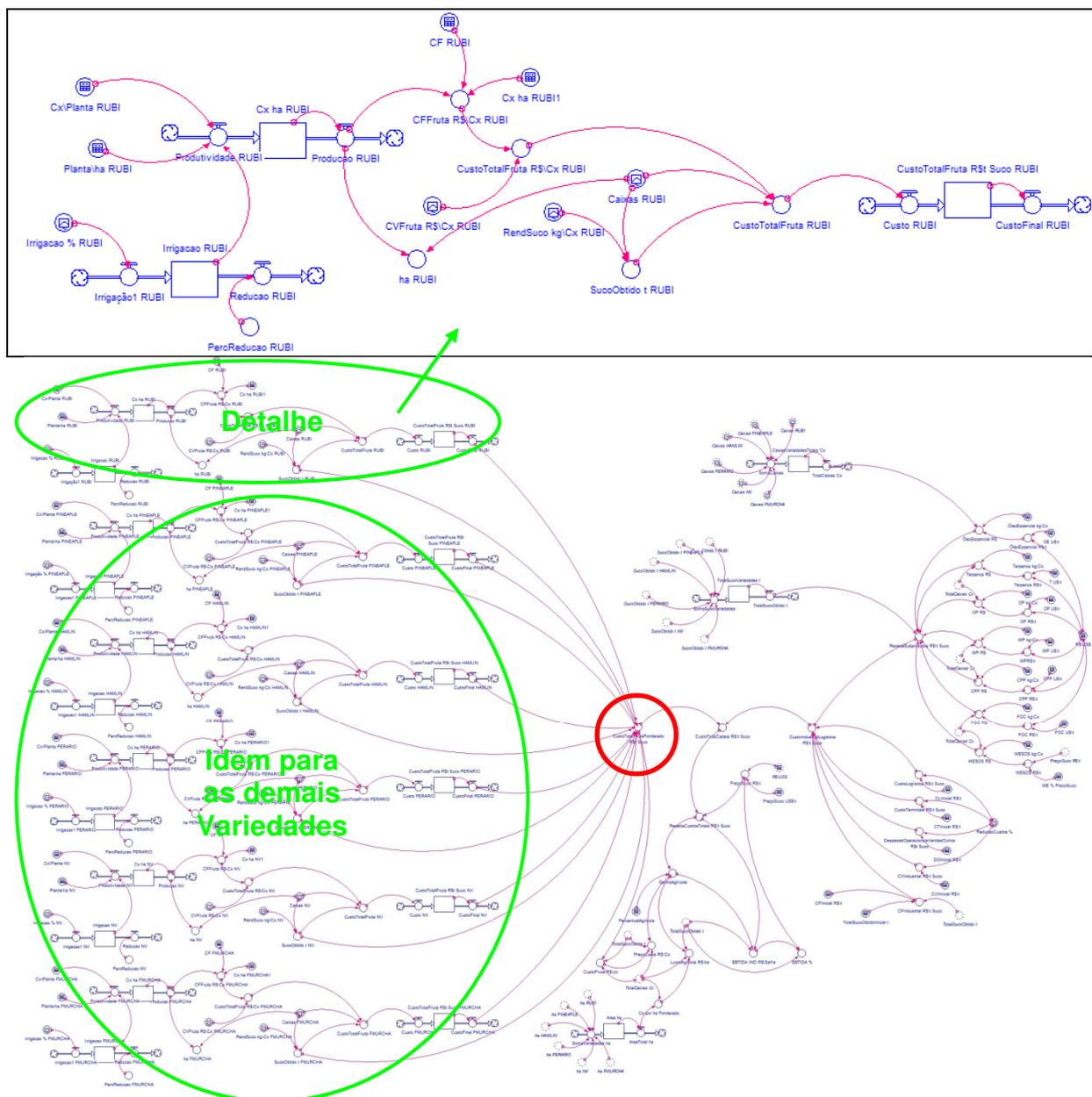
O **terceiro passo** foi a formulação do modelo de simulação, tendo sido especificadas a estrutura e as regras de decisão, bem como estimados os parâmetros e as relações comportamentais já com os objetivos e limites.

O modelo parte da condição atual do SAI da Laranja, com menor número de variedades de laranja, baixo nível de irrigação dos pomares e, conseqüentemente, menor tamanho da safra e maiores custos, fruto da falta de efetiva coordenação. O modelo possibilita a inclusão de aspectos tecnológicos e proporciona uma visão de longo prazo para o SAI como um todo, em especial nas tomadas de decisão e no relacionamento entre os elos, incluindo remuneração. O modelo também permite que quaisquer destas iniciativas sejam anuladas, como, por exemplo, não utilizar irrigação ao longo do tempo.

O modelo foi construído e testado a cada conclusão de suas partes até chegar no todo, estando de acordo com o planejado. Em alguns casos, como por exemplo: nas diversas variedades de laranja, como as relações e fórmulas são as mesmas, estas foram copiadas para todas as demais variedades, alterando-se apenas os parâmetros. Cabe ressaltar que as equações para todos os itens calculados dentro do modelo estão detalhadas nos Apêndices D, E e F.

## **6.1. PRODUÇÃO AGRÍCOLA**

São consideradas seis variedades de laranja (Rubi, Pineapple, Hamlin, Pera-Rio, Natal/Valência e Valência Folha-Murcha) com suas respectivas características de produtividade, custos e quantidade de caixas por safra. Na Figura 13 é possível verificar os detalhes do modelo relacionados à Produção Agrícola com as diversas variedades de Laranja.



**Figura 13** - Detalhe do modelo relacionado à Produção Agrícola (variedades).

Fonte: Elaboração própria.

Estes detalhes estão localizados do lado esquerdo do modelo. Um recorte com os detalhes de todos os itens considerados para a variedade Rubi também é apresentado na Figura 13. É, também, possível aumentar ou diminuir a participação de cada variedade ao longo do tempo, considerando-se os melhores resultados para o SAI.

Para obtenção dos dados de saída abaixo, foram necessários os seguintes dados de entrada (todos obtidos na pesquisa de campo):

- Caixas RUBI: quantidade de caixas de laranja produzidas
- Cx/Planta RUBI: quantidade de caixas de laranja obtidas por planta (laranjeira)
- Planta/ha RUBI: quantidade de plantas (laranjeiras) por hectare
- Irrigacao % RUBI: percentual de área de laranja irrigada
- PercReducao RUBI: redutor de irrigação para anos com excedente hídrico
- CF RUBI: custo fixo em R\$/cx na produção de laranjas
- CVFruta R\$/Cx RUBI: custo variável na produção de laranjas
- RendSuco kg/Cx RUBI: quantidade de FCOJ obtido no processo de moagem da laranja

Os principais dados de saída para cada variedade (usamos por base a variedade Rubi) são:

- SucoObtido t RUBI: quantidade de FCOJ total produzido em toneladas
- CustoTotalFruta R\$/t Suco RUBI: custo total em R\$/t de FCOJ na produção de laranjas
- ha RUBI: área necessária à produção de caixas de laranjas em hectares

As principais fórmulas para obtenção dos dados de saída são:

- $Cx/Planta \text{ RUBI} \times Planta/ha \text{ RUBI} = \underline{Cx \text{ ha RUBI}}$ . O objetivo é chegar na quantidade de caixas de laranja obtida por hectare.
- $Irrigacao \% \text{ RUBI} \times PercReducao \text{ RUBI} \times Produtividade \text{ RUBI} = Cx \text{ ha RUBI}$ . O objetivo é promover incremento na produtividade pelo aumento da área irrigada.
- $Caixas \text{ RUBI} \div Cx \text{ ha RUBI} = \mathbf{ha \text{ RUBI}}$ . Este é um dos dados de saída do agente produção agrícola. Com isso chega-se a área utilizada para produção caixas de Rubi necessárias ao processamento industrial. Este dado somado com as áreas das demais variedades, será usado na obtenção do Lucro Líquido por Hectare.
- $Caixas \text{ RUBI} \times RendSuco \text{ kg/Cx RUBI} = \mathbf{SucoObtido t RUBI}$ . O objetivo é obter a quantidade de suco (FCOJ) obtido com processamento das caixas de Rubi. Este dado, somado com o FCOJ obtido das demais variedades, será usado no cálculo da receita com venda do FCOJ.
- $CF \text{ RUBI} \times Cx \text{ ha RUBI} = \underline{CFFruta \text{ R$/Cx RUBI}}$ . O objetivo é corrigir o valor do custo fixo pelo aumento de produtividade ao longo do tempo relacionado a irrigação, o que leva a sua redução ao longo do tempo definido no modelo.

- CFFruta R\$/Cx RUBI + CVFruta R\$/Cx RUBI = CustoTotalFruta R\$/Cx RUBI. Com isso chega-se no custo total para produção, colheita e transporte de fruta, ainda em Reais por caixa de laranja.
- $\text{CustoTotalFruta R}/\text{Cx RUBI} \times \text{Caixas RUBI} \div \text{SucoObtido t RUBI} = \text{CustoTotalFruta R}/\text{t Suco RUBI}$ . Este é outro dado de saída, que representa o mesmo acima, ou seja, custo total para produção, colheita e transporte de fruta, porém já convertido em R\$/t de FCOJ.
- A soma do  $\text{CustoTotalFruta R}/\text{t Suco}$  de cada variedade leva ao **CustoTotalFrutaPonderado R\$/t Suco**, que representa o custo total da produção agrícola (destacado em círculo vermelho na Figura 12). No Apêndice D esta fórmula aparece como abaixo:

$$\text{CustoTotalFrutaPonderado\_R}\$/\text{t\_Suco} = \frac{(\text{CustoFinal\_RUBI} \times \text{SucoObtido\_t\_RUBI} + \text{CustoFinal\_PINEAPPLE} \times \text{SucoObtido\_t\_PINEAPPLE} + \text{CustoFinal\_HAMLIN} \times \text{SucoObtido\_t\_HAMLIN} + \text{CustoFinal\_PERARIO} \times \text{SucoObtido\_t\_PERARIO} + \text{CustoFinal\_NV} \times \text{SucoObtido\_t\_NV} + \text{CustoFinal\_FMURCHA} \times \text{SucoObtido\_t\_FMURCHA})}{(\text{SucoObtido\_t\_RUBI} + \text{SucoObtido\_t\_PINEAPPLE} + \text{SucoObtido\_t\_HAMLIN} + \text{SucoObtido\_t\_PERARIO} + \text{SucoObtido\_t\_NV} + \text{SucoObtido\_t\_FMURCHA})}$$

Considerando que processos e/ou sistemas são passíveis de mudanças ao longo do tempo, qualquer dos parâmetros considerados, pela flexibilidade proporcionada pelo modelo, podem ser alterados de forma simples e fácil, gerando novos cenários. Assim, dentro do elo da Produção Agrícola, no futuro podem ser desenvolvidas novas variedades mais produtivas e com maior resistência a doenças - menores custos de produção - que as variedades consideradas no modelo. Neste caso basta substituírem-se as mesmas, tanto de forma drástica (no curtíssimo prazo: em uma ou duas safras, por exemplo), como gradativa ao longo de anos.

O próprio avanço da tecnologia pode levar as variedades atuais a terem seus períodos de produção e colheita prolongados, aumentando assim o tamanho da safra. Isso acontece, por exemplo, no setor sucroenergético com uso de maturadores de cana-de-açúcar. Quando (e caso) isso vier a acontecer, haverá redução nos custos, que dentro do modelo, será possível alterar os parâmetros e gerar novos cenários.

Vale lembrar que a tecnologia citrícola já trouxe avanços com adensamento de pomares (mais plantas por hectare), e com isso menor necessidade de área. Podemos considerar também que: alterações em rendimentos

e em produtividade, anos com maior incidência de chuvas (demandam menos irrigação) etc. podem também ser ajustados/alterados e novos cenários desenvolvidos.

***Itens ponderados:***

Ainda dentro da Produção Agrícola, existem três itens (dados de saída) que são calculados por ponderação pela participação de cada variedade no todo, os quais serão usados nas fórmulas de itens da Produção Industrial e na obtenção dos Indicadores Chave do SAI.

Os dados de entrada (todos como variáveis fantasma) são:

- Caixas RUBI + Caixas PINEAPPLE + Caixas HAMLIN + Caixas PERARIO + Caixas NV + Caixas FMURCHA
- SucoObtido t RUBI + SucoObtido t PINEAPPLE + SucoObtido t HAMLIN + SucoObtido t PERARIO + SucoObtido t NV + SucoObtido t FMURCHA
- ha RUBI + ha PINEAPPLE + ha HAMLIN + ha PERARIO + ha NV + ha FMURCHA

Os três dados de saídas, os quais são obtidos pelas somas (fórmulas) dos dados de entrada descritos acima, são:

- TotalCaixas Cx: representa o total de caixas produzido e processado por safra e é obtido pela soma das caixas de cada variedade de laranja.
- TotalSucoObtido t: representa o total de suco obtido com o processamento das caixas acima (soma dos sucos de cada variedade).
- AreaTotal ha: soma das áreas necessárias em hectares de cada variedade.

Na Figura 14 é possível verificar os detalhes do modelo relacionados a estes itens calculados por ponderação pelas variedades. O item "TotalCaixas Cx" está localizado no centro e na parte superior do modelo. O item "TotalSucoObtido t" também está localizado no centro e na parte superior. Já o item "AreaTotal ha", está localizado no centro, porém na parte inferior do modelo.

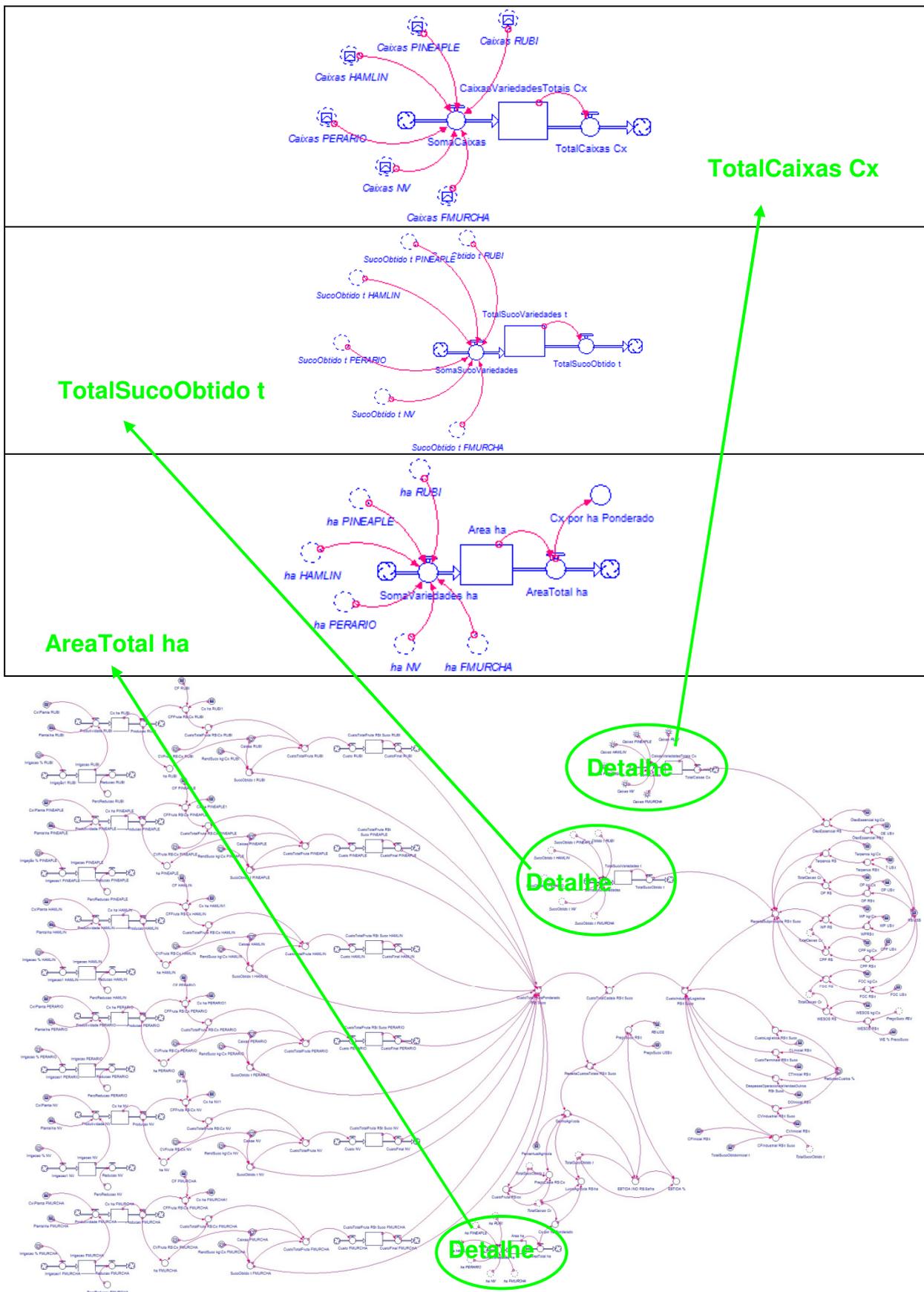


Figura 14 - Detalhe do modelo relacionado aos Itens Ponderados.

Fonte: Elaboração própria.

Estes itens foram localizados nestas posições e com variáveis fantasmas, justamente para não comprometer a visualização do modelo como um todo, pois caso contrário, haveria demasiada sobreposição de linhas.

## 6.2. PRODUÇÃO INDUSTRIAL

Dentro do elo da Produção Industrial, o modelo apresenta dois grandes blocos: custos e subprodutos, apesar de ambos estarem intimamente ligados.

Vale destacar que FCOJ produzido se refere ao suco de laranja concentrado e congelado já com a adição *in line* dos sólidos recuperados no sistema de *pulp-wash*. Foi considerado o mesmo percentual do modelo Consecitrus 2012 de 80% FCOJ + 20% NFC, porém já convertidos nas mesmas bases de 66° Brix tanto para rendimentos, quanto para custos.

O modelo permite que sejam feitas alterações em rendimentos de produtos e subprodutos, bem como em custos. Com isso, é possível criar cenários diferentes entre as três macrorregiões dentro do cinturão citrícola (Sul, Centro e Norte) e até mesmo para outras localidades em qualquer região do mundo. Assim, dentro da Coordenação do SAI, podem ser usados três cenários, um para cada macrorregião, permitindo níveis diferentes de remuneração das áreas Agrícola e Industrial e partilha das sobras.

O "bloco de custos" tem como dados de entrada (todos obtidos na pesquisa de campo):

- CLInicial R\$/t: custos com logística (não inclui transporte de frutas) e embalagens de produtos e subprodutos, em Reais por tonelada de FCOJ.
- CTInicial R\$/t: custos com terminais marítimos no Brasil (Santos/SP) e exterior (Roterdã-Holanda), em Reais por tonelada de FCOJ.
- DOInicial R\$/t: custos com administração, vendas, áreas de suporte etc., em Reais por tonelada de FCOJ.
- CVInicial R\$/t: custos variáveis na industrialização (energia, insumos etc.), em Reais por tonelada de FCOJ.
- CFInicial R\$/t: custo fixo industrial em Reais por tonelada de FCOJ.

- TotalSucoObtidoInicial t: quantidade inicial de FCOJ em toneladas, obtida de todas as variedades (caixas processadas) no Ano zero.
- TotalSucoObtido t: representa o total de suco obtido com o processamento das caixas acima (soma dos sucos de cada variedade).
- ReducaoCustos %: fator de redução de custos (exceto custo fixo) com os ganhos ao longo do tempo com o aumento das novas variedades e aumento das safras.

Os dados de saída do “bloco de custos” são:

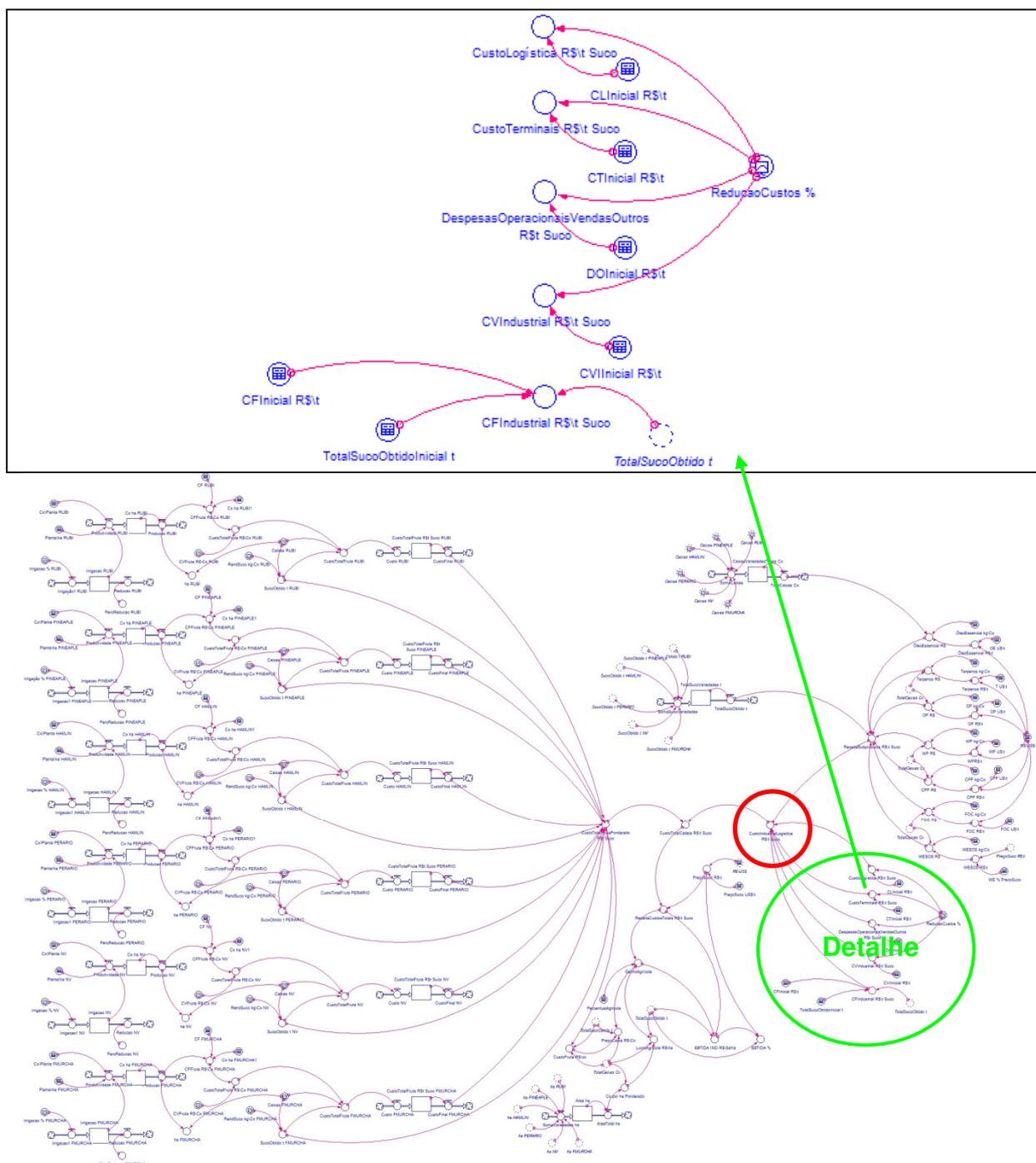
- CustoLogistica R\$/t Suco: é o custo com logística já corrigido pelo fator “ReducaoCustos %”.
- CustoTerminais R\$/t Suco: é o custo com terminais já corrigido pelo fator “ReducaoCustos %”.
- DespesasOperacionaisVendasOutros R\$/t Suco: é o custo com administração, vendas etc. já corrigido pelo fator “ReducaoCustos %”.
- CVIndustrial R\$/t Suco: é o custo variável industrial já corrigido pelo fator “ReducaoCustos %”.
- CFIndustrial R\$/t Suco: é o custo fixo industrial já corrigido pelo aumento na produção de FCOJ com o aumento das safras.

As principais fórmulas para obtenção dos dados de saída são:

- $CL_{Inicial} \text{ R\$/t} \times \text{ReducaoCustos \%} = \text{CustoLogistica R\$/t Suco}$ . O objetivo é corrigir o valor do custo com logística com os ganhos obtidos ao longo do tempo com o aumento das novas variedades e aumento das safras.
- $CT_{Inicial} \text{ R\$/t} \times \text{ReducaoCustos \%} = \text{CustoTerminais R\$/t Suco}$ . O objetivo é corrigir o valor do custo com terminais com os ganhos obtidos ao longo do tempo com o aumento das novas variedades e aumento das safras.
- $DO_{Inicial} \text{ R\$/t} \times \text{ReducaoCustos \%} = \text{DespesasOperacionaisVendasOutros R\$/t Suco}$ . O objetivo é corrigir o valor das despesas operacionais, vendas etc. com os ganhos obtidos ao longo do tempo com o aumento das novas variedades e aumento das safras.
- $CV_{Inicial} \text{ R\$/t} \times \text{ReducaoCustos \%} = \text{CVIndustrial R\$/t Suco}$ . O objetivo é corrigir o valor do custo variável industrial com os ganhos obtidos ao longo do tempo com o aumento das novas variedades e aumento das safras.

- $CF_{Inicial} \text{ R\$/t} \times \text{TotalSucoObtido}_{Inicial} \text{ t} \times \text{TotalSucoObtido} \text{ t} = CF_{Industrial} \text{ R\$/t Suco}$ .  
Custo fixo industrial corrigido com aumento de FCOJ e das safras.

Na Figura 15 é possível verificar os detalhes do modelo relacionados ao bloco "custos" dentro da Produção Industrial, o qual se localiza do lado direito na parte inferior do mesmo.



**Figura 15** - Detalhe do modelo relacionado ao "bloco custos".

Fonte: Elaboração própria.

O "bloco subprodutos" tem como dados de entrada, os quais foram obtidos na pesquisa de campo:

- OleoEssencial kg/Cx: rendimento industrial de óleo essencial, expresso em kg por caixa processada, já considerados os ganhos ao longo do tempo com a introdução das novas variedades (este mesmo comentário vale para todos os demais subprodutos descritos abaixo).
- OE U\$/t: preço de venda do óleo essencial em dólares por tonelada.
- Terpenos kg/Cx: rendimento industrial de terpenos (cítrico e de laranja), expresso em kg por caixa processada.
- T U\$/t: preço de venda de terpenos em dólares por tonelada.
- OP kg/Cx: rendimento industrial da essência fase oleosa (*oil phase*), expresso em kg por caixa processada.
- OP U\$/t: preço de venda da fase oleosa em dólares por tonelada.
- WP kg/Cx: rendimento industrial da essência fase aquosa (*water phase*), expresso em kg por caixa processada.
- WP U\$/t: preço de venda da fase aquosa em dólares por tonelada.
- CPP kg/Cx: rendimento industrial de farelo de polpa cítrica (*citrus pulp pellets*), expresso em kg por caixa processada.
- CPP U\$/t: preço de venda do farelo de polpa cítrica em dólares por tonelada.
- FOC kg/Cx: rendimento industrial de células congeladas de laranja (*frozen orange cells*), expresso em kg por caixa processada.
- FOC U\$/t: preço de venda do óleo essencial em dólares por tonelada.
- WESOS kg/Cx: rendimento industrial de sólidos secundários recuperados, expresso em kg por caixa processada.
- WE % PrecioSuco: é o percentual de preço dos sólidos secundários frente ao preço do FCOJ.
- R\$/US\$: representa a taxa de câmbio para conversão de dólares em Reais.
- PrecioSuco R\$/t: preço de venda do FCOJ já convertido em Reais por tonelada (variável fantasma).
- TotalCaixas Cx: usada também como variável fantasma, representa o total de caixas processadas (soma de todas as variedades).

Os dados de saída do “bloco subprodutos” são:

- OleoEssencial R\$: é o valor total da receita com a venda do óleo essencial, já convertido para Reais.
- Terpenos R\$: é o valor total da receita com a venda dos terpenos, já convertido para Reais.
- OP R\$: é o valor total da receita com a venda da fase oleosa, já convertido para Reais.
- WP R\$: é o valor total da receita com a venda da fase aquosa, já convertido para Reais.
- CPP R\$: é o valor total da receita com a venda do farelo de polpa cítrica, já convertido para Reais.
- FOC R\$: é o valor total da receita com a venda das células congeladas de laranja, já convertido para Reais.
- WESOS R\$: é o valor total da receita com a venda dos sólidos secundários, já convertido para Reais.

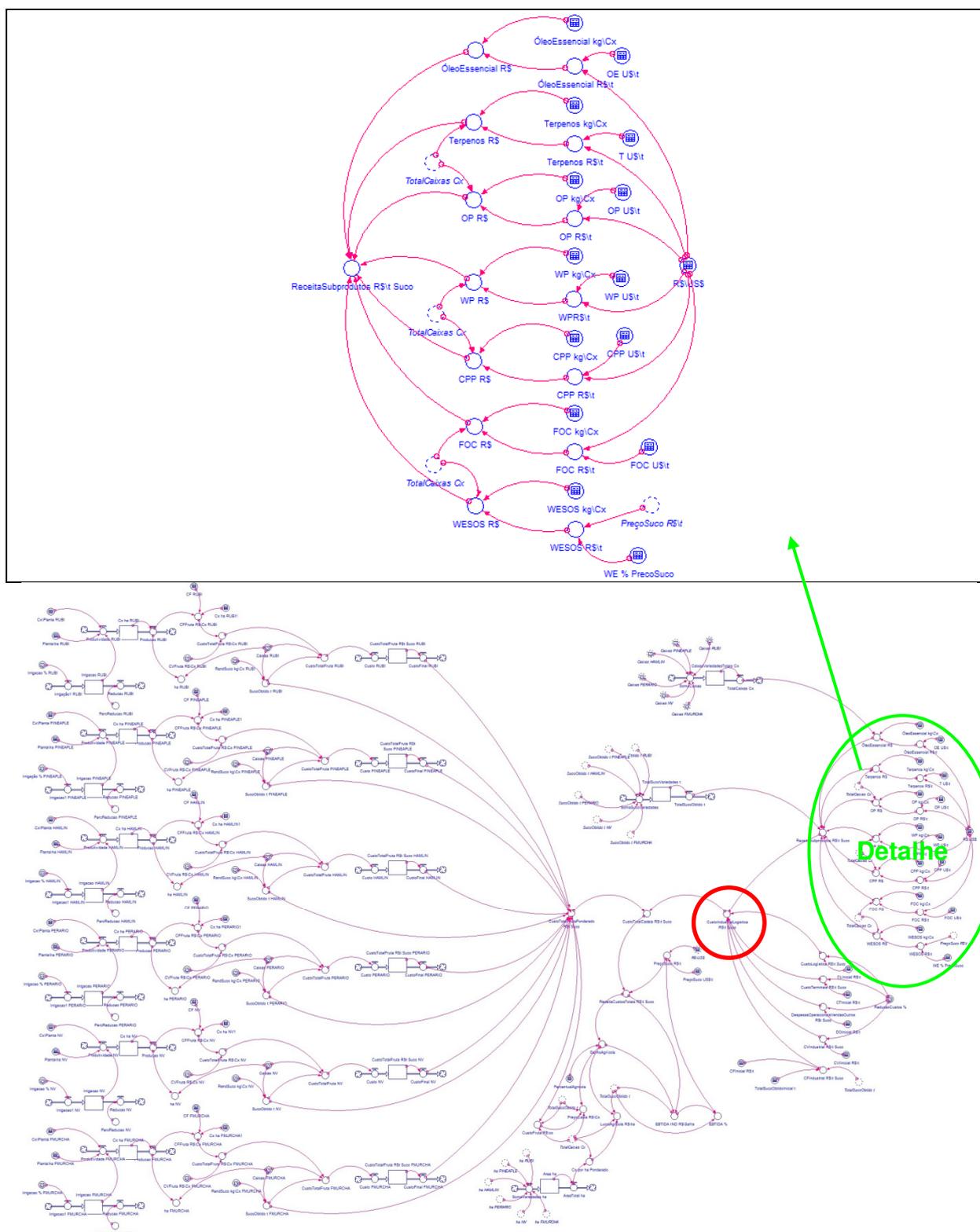
As principais fórmulas para obtenção dos dados de saída são:

- $OE \text{ U\$/t} \times R\$/US\$ = \text{OleoEssencial R\$/t}$ . O objetivo é converter o preço de venda do óleo essencial, o qual usualmente é dado em dólares americanos, para Reais por tonelada. Esta mesma fórmula é aplicada para todos os demais subprodutos, com exceção do WESOS.
- $\text{PrecoSuco R\$/t} \times WE \% = \text{WESOS R\$/t}$ . Tipicamente o preço do WESOS é baseado no preço do FCOJ.
- $\text{TotalCaixas Cx} \times \text{OleoEssencial R\$/t} \times \text{OleoEssencial kg/Cx} = \text{OleoEssencial R\$}$ . O objetivo é obter a receita total com a venda do óleo essencial em Reais. Esta mesma fórmula é aplicada para todos os demais subprodutos.

O principal dado de saída do bloco subprodutos é “ReceitaSubprodutos R\$/t Suco”, o qual representa o valor a ser subtraídos dos custos do agente produção industrial. Este dado é obtido pela fórmula abaixo:

- $(\text{OleoEssencial R\$} + \text{Terpenos R\$} + \text{OP R\$} + \text{WP R\$} + \text{CPP R\$} + \text{FOC R\$} + \text{WESOS R\$}) \div \text{TotalSucoObtido t} = \text{ReceitaSubprodutos R\$/t Suco}$

Na Figura 16 é possível verificar os detalhes do modelo relacionados ao bloco "subprodutos" dentro da Produção Industrial, o qual localiza-se do lado direito na parte superior do mesmo.



**Figura 16** - Detalhe do modelo relacionado ao "bloco subprodutos".

Fonte: Elaboração própria.

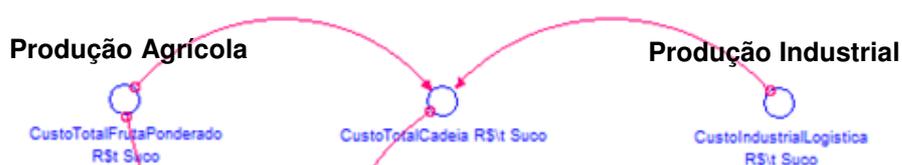
O principal dado de saída dos dois blocos do agente produção industrial (custos e subprodutos), o qual está destacado por um círculo vermelho nas Figuras 15 e 16, é “CustoIndustrialLogistica R\$/t Suco”. Este dado é obtido pela fórmula abaixo:

- ReceitaSubprodutos R\$/t Suco + CustoLogistica R\$/t Suco + CustosTerminais R\$/t Suco + DespesasOperacionaisVendasOutros R\$/t Suco + CVIndustrial R\$/t Suco + CFIndustrial R\$/t Suco = **CustoIndustrialLogistica R\$/t Suco**.

### 6.3. INDICADORES-CHAVE DO SAI DA LARANJA

Depois de construído e testado em suas partes, o modelo já pode ser consolidado com os dois agentes do SAI da laranja na obtenção dos seus três principais indicadores de desempenho e sustentabilidade. Estes indicadores possibilitam avaliar os resultados e ganhos com a melhoria na coordenação da cadeia e introdução de novas variedades de laranja ao longo do tempo.

O detalhe do modelo onde ocorre a consolidação dos custos dos dois agentes do SAI pode ser visto na Figura 17. A fórmula é:  $\text{CustoTotalFrutaPonderado R\$/t Suco} + \text{CustoIndustrialLogistica R\$/t Suco} = \text{CustoTotalCadeia R\$/t Suco}$ .



**Figura 17** - Detalhe do modelo no ponto de interseção entre os agentes do SAI.

**Fonte:** Elaboração própria.

Os dados de entrada (todos como variáveis fantasma) são:

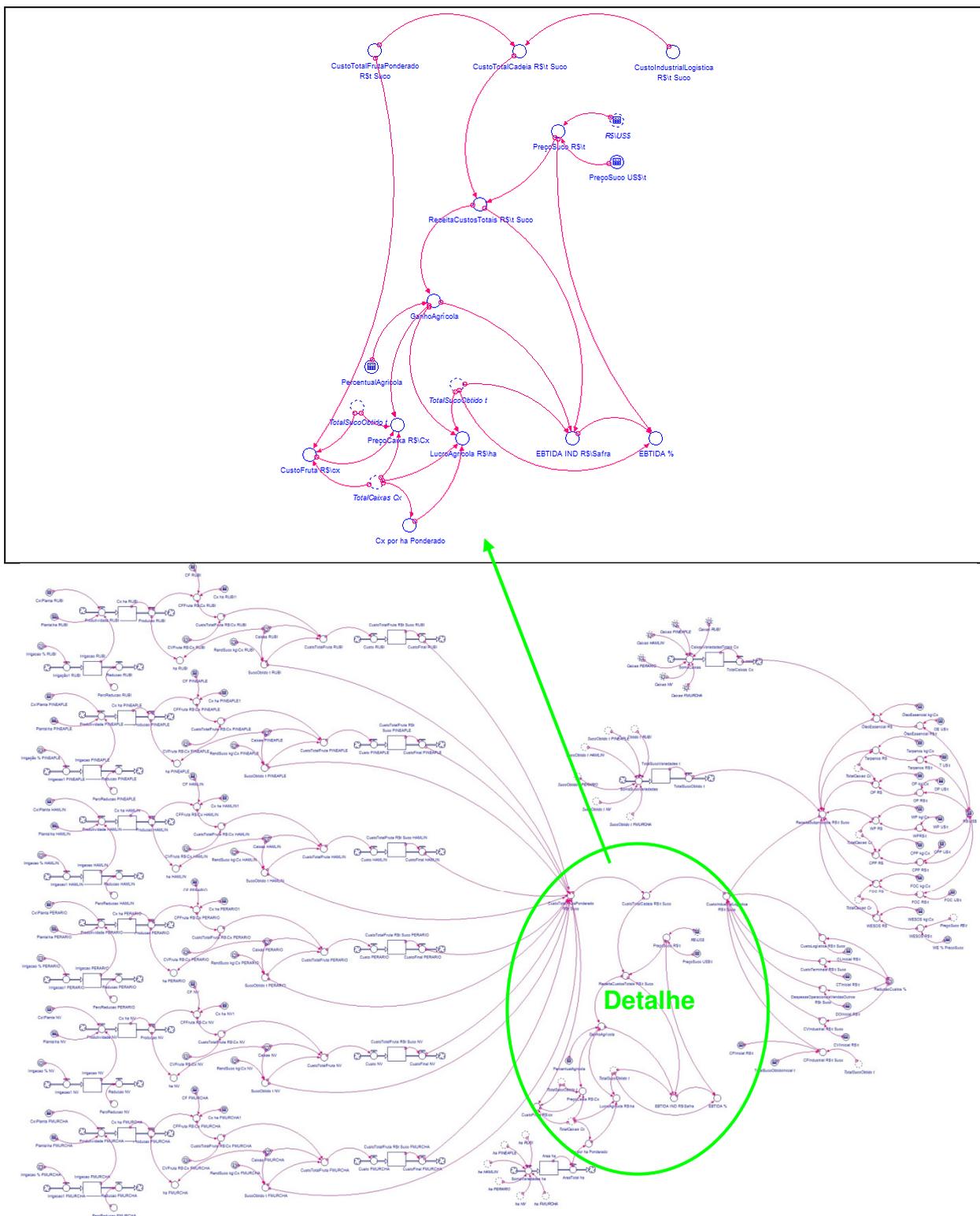
- CustoTotalCadeia R\$/t Suco: representa a soma de todos os custos dos dois agentes do SAI consolidados em Reais por tonelada de FCOJ.
- R\$/US\$: representa a taxa de câmbio para conversão de dólares em Reais.

- PrecoSuco US\$/t: preço de venda do FCOJ em dólares por tonelada, como prática neste SAI.
- PercentualAgricola: refere-se ao percentual da partilha da produção agrícola, tendo por base a necessidade de CAPEX dos dois agentes.
- TotalSucoObtido t: representa o total de suco obtido em toneladas com o processamento das caixas acima (soma dos sucos de cada variedade).
- TotalCaixas Cx: usada como variável fantasma, representa o total de caixas processadas (soma de todas as variedades).
- AreaTotal ha: é a soma da área necessária para obtenção do total de caixas de laranja de todas as variedades.

Os dados de saída são:

- PrecoSuco R\$/t: preço de venda do FCOJ já convertido em Reais por tonelada.
- ReceitaCustosTotais R\$/t Suco: refere-se ao resultado da cadeia como um todo, ou seja, receita total subtraída dos custos totais em Reais por tonelada de FCOJ.
- GanhoAgricola: é o valor da partilha referente a produção agrícola ainda em Reais por tonelada de FCOJ.
- CustoFruta R\$/Cx: refere-se ao custo total da produção agrícola convertido de Reais por tonelada de FCOJ para Reais por caixa.
- **PrecoCaixa R\$/Cx**: é o valor do custo acima somado a partilha referente a produção agrícola, em Reais por caixa, ou seja, o valor que o produtor irá receber pela caixa de laranja entregue na indústria. Este é um dos três indicadores-chave.
- Caixa por ha Ponderado: representa a produtividade ponderado entre todas as variedades em número de caixas de laranja por hectare.
- **LucroAgricola R\$/ha**: é o segundo indicador-chave, que proporciona uma visão do desempenho do agente produção agrícola, em Reais por hectare.
- EBITDA IND R\$/Safr: refere-se ao valor do EBITDA apurado em Reais.
- **EBITDA %**: é o terceiro indicador-chave, ou seja, a margem de EBITDA em percentual que reflete o desempenho do agente produção industrial.

Na Figura 18 é possível verificar os detalhes do modelo relacionados aos indicadores-chave do SAI da laranja, o qual se localiza exatamente ao centro do mesmo.



**Figura 18** - Detalhe do modelo relacionado aos Indicadores Chave do SAI da Laranja.

Fonte: Elaboração própria.

As principais fórmulas para obtenção dos dados de saída são:

- $\text{PrecoSuco US\$/t} \times \text{R\$/US\$} = \text{PrecoSuco R\$/t}$ . O objetivo é converter o preço de venda do FCOJ, o qual usualmente é dado em dólares americanos, para Reais por tonelada.
- $\text{PrecoSuco R\$/t} - \text{CustoTotalCadeia R\$/t Suco} = \text{ReceitaCustosTotais R\$/t Suco}$ . Obtém-se o resultado do SAI em Reais por tonelada de FCOJ.
- $\text{ReceitaCustosTotais R\$/t Suco} \times \text{PercentualAgricola} = \text{GanhoAgricola}$ . O objetivo é obter o valor da partilha referente a produção agrícola em Reais por tonelada de FCOJ.
- $(\text{GanhoAgricola} \times \text{TotalSucoObtido t} \div \text{TotalCaixas Cx}) + \text{CustoFruta R\$/Cx} = \text{PrecoCaixa R\$/Cx}$ . Valor a ser recebido pelo produtor de laranjas em Reais por caixa entregue na indústria.
- $(\text{GanhoAgricola} \times \text{TotalSucoObtido t} \div \text{TotalCaixas Cx}) \times \text{Cx por ha Ponderado} = \text{LucroAgricola R\$/ha}$ . Desta forma, obtém-se o indicador-chave de desempenho da produção agrícola em Reais por hectare.
- $(\text{ReceitaCustosTotais R\$/t Suco} - \text{GanhoAgricola}) \times \text{TotalSucoObtido t} = \text{EBITDA IND R\$/Safra}$ . O objetivo é obter o valor do EBITDA da produção industrial em Reais por safra.
- $\text{EBITDA IND R\$/Safra} \div (\text{PrecoSuco R\$/t} \times \text{TotalSucoObtido t}) = \text{EBITDA \%}$ . Obtém-se o valor da margem do EBITDA em %, como indicador-chave da produção industrial.

Cabe ressaltar que além das variáveis auxiliares, também foram utilizadas no modelo as variáveis de estoque e fluxo para situações em que ocorre um delta de tempo, como por exemplo:

- Irrigacao: os efeitos positivos da irrigação não aparecem de imediato a sua implantação, ou seja, normalmente ocorrem na safra subsequente.
- Cx ha: a produtividade também é afetada pela irrigação e pela troca das variedades ao longo do tempo, tem assim uma defasagem de tempo.
- CustoTotalFruta R/\$ Suco: os efeitos dos dois itens acima também refletem nos custos com defasagem de tempo.
- Area ha: aqui vale o mesmo comentário para Cx ha.

As nuvens se referem as condições atuais de produtividade e renovação dos pomares, como praticado pelo SAI.

#### 6.4. VALIDAÇÃO

Como **quarto passo**, foi a validação do modelo. Devido a carência de dados disponíveis e a discrepância dos mesmos conforme citado no capítulo 5, a opção foi validar o modelo junto a especialistas que atuam ou atuaram no SAI da laranja, a partir de seus conhecimentos práticos.

Os especialistas que se dispuseram a colaborar solicitaram confidencialidade. Para uma boa condução do processo de validação, foi elaborado um roteiro conforme Apêndice G. Participaram deste processo dois administradores agrícolas, um técnico de empresa fabricante de equipamentos e dois gerentes ligados a produção industrial. As entrevistas e apresentação do modelo ocorreram de forma individual.

O modelo foi validado de forma unânime pelos especialistas, apesar de não conhecerem a técnica de dinâmica de sistemas, para a qual demonstraram interesse. Os resultados encontrados foram considerados como coerentes com seus conhecimentos práticos, bem como as relações entre as variáveis e premissas do modelo. Um ponto de destaque é que apesar do modelo ter sido considerado como muito interessante, haveria dificuldades para sua implantação em função das características dos agentes do SAI da laranja (isso é coerente com a revisão da literatura pesquisada).

Os detalhes são apresentados para cada item do roteiro usado junto aos especialistas:

- Apenas dois especialistas se consideraram com conhecimento para validar o modelo completo. Dois avaliaram a produção agrícola e um a produção industrial sem considerar os itens relacionados a logística e despesas operacionais.

- Um especialista considerou o modelo como complexo, mas coerente com os dados práticos. Os demais consideraram de fácil entendimento, mesmo não tendo conhecimento prévio da técnica de dinâmica de sistemas.
- As relações entre as variáveis, tanto as auxiliares quanto as de estoque e fluxo foram consideradas como adequadas por todos. Este pode ser considerado como o item do roteiro onde houve mais discussões para o bom entendimento do modelo. O aspecto mais relevante foi a troca natural das variedades sem a necessidade de CAPEX adicional. Foi sugerido por um dos especialistas que se considere melhorias no modelo incluindo dados históricos de chuvas e outros relacionados ao clima, que podem gerar diferentes cenários. Esta sugestão será considerada como oportunidade de pesquisa futura.
- Quanto as fórmulas, foram validadas unanimemente sem grandes observações e/ou comentários por todos os especialistas.
- Para as premissas usadas no modelo, como ocorreu para as relações, houve bom nível de discussão. Um dos especialistas comentou sobre estender as premissas aos engarrafadores e usar outros portos de destino do FCOJ, os quais também poderão ser alvo de pesquisas futuras.
- Com exceção dos itens levantados acima, todos os especialistas concordaram que os aspectos mais relevantes do SAI da laranja foram considerados.
- Com relação a ter os três indicadores-chave (preço da caixa de laranja, lucro líquido por hectare e margem de EBITDA) como principais itens de avaliação de desempenho do SAI, os especialistas foram unânimes em serem adequados. Quanto aos resultados práticos, por não ser prática a partilha das sobras das receitas, nenhum dos especialistas pode expressar sua opinião a respeito. Quanto à margem do EBITDA, apenas um especialista pode opinar, considerando-a adequada.

- Todos concordam sobre a aplicação prática do modelo, porém com a ressalva das dificuldades pelas barreiras típicas dentro deste SAI.
- O modelo e, principalmente, a introdução gradativa das novas variedades foram considerados por todos como uma grande contribuição ao SAI. Aqui também foi feita a ressalva quanto as barreiras.
- Todos concordaram que o modelo poderia ser usado como base para o Consecitrus, ressaltando novamente as barreiras do SAI.
- As mudanças e/ou alterações foram citadas acima, porém a serem consideradas como oportunidades de pesquisas futuras.

### **TESTES / CENÁRIOS**

Como **quinto passo** foram testados três diferentes cenários, denominados como “A”, “B” e “C”. Nestes três cenários foram mantidas variáveis fixas e alteradas algumas das principais variáveis dependentes.

Em todos os cenários, validados também pelos especialistas, foi possível verificar que o modelo pode reproduzir o comportamento proposto. Foi avaliada a robustez e verificada a sensibilidade do modelo sob condições extremas:

- “B”: com valores de rendimentos elevados e com altos preços históricos do suco.

- “C”: com baixos rendimentos e baixos preços históricos do suco.

Os detalhes estão no Capítulo 7.

O **último passo** seria o uso do modelo na prática pelos agentes do SAI da laranja.

## 7. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Uma vez concebido o modelo, foi possível inserir os dados obtidos na pesquisa de campo e gerar os três cenários: “A”, com os dados como obtidos na pesquisa de campo e “B” e “C”, com condições extremas de preços e rendimentos, pela alteração de variáveis fixas e dependentes dentro do modelo. Os resultados obtidos, dentre outros objetivos, serviram para avaliar a sensibilidade do modelo. A importância da distribuição adequada das variedades ao longo do ciclo agrícola de produção para o bom desempenho do SAI da Laranja também ficou demonstrada.

Dentro do modelo, foi considerada uma unidade processadora com capacidade para 30 milhões de caixas de laranja por safra. Este porte é considerado pelos especialistas como a capacidade em que se obtém melhor eficiência industrial. No modelo, a coordenação da cadeia é exercida, como no SAI da cana, pelo agente processamento industrial, o qual deve definir para o agente produção agrícola os percentuais de cada variedade a serem plantados, bem como os seus períodos de colheita e processamento.

A introdução gradativa das novas variedades com sua adequada distribuição geram um potencial de aumento no tamanho da safra (dias de processamento) em dois meses. As safras podem ser iniciadas com 30 dias de antecedência e serem postergadas também por 30 dias. Com isso, sem qualquer incremento de capacidade em termos de equipamentos, instalações, mão de obra etc., seria possível passar de 30 milhões para 48 milhões de caixas de laranja por safra. Isso não só pelo aumento de dois meses no tamanho da safra, mas também por permitir manter o nível máximo de processamento do início ao final das safras, sem operar em pico nos meses centrais.

Nas entrevistas pessoais com os técnicos foi possível obter-se informações adicionais e relevantes ao estudo, as quais estão detalhadas como segue:

#### - CLIMA:

Nas condições e variedades produzidas comercialmente atualmente, o período e o tamanho da safra sofrem influência significativa do clima, podendo ir de maio a fevereiro ou de julho a dezembro. Os principais fatores são as características destas variedades e o período das precipitações. É interessante considerar que a frequência de precipitações é mais importante que o volume, pois é necessário um período de estresse hídrico seguido de precipitações para fixar as floradas. Daí a grande importância no uso de irrigação, o que contribui também para a qualidade e uniformidade dos frutos.

Outro ponto levantado, são variações de temperatura entre o dia e noite, as quais influenciam nos atributos de qualidade do suco obtido, em especial a cor. Dias quentes com noites bem frias, ou seja, uma boa amplitude térmica durante um período específico de tempo contribui para a melhoria da qualidade suco.

#### - QUALIDADE:

Em termos de qualidade, um bom suco deve ter o mínimo de defeitos causados principalmente pelo processo de industrialização. A matéria prima, no entanto, é fundamental para a qualidade organoléptica do produto (cor, sabor e aroma). Segundo Redd *et al.* (1986), o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) atribui notas (*scores*) aos sucos em função de sua Cor e Sabor (composto por gosto + aroma).

São desejáveis cores mais fortes (alaranjada e brilhante), sendo medida por equipamentos que geram um valor numérico, que normalmente varia de 33 a 40, sendo o limite mínimo 37. Já para sabor é feita uma avaliação sensorial por equipe treinada de provadores, que também atribuem uma nota. Um suco deve ter no mínimo uma nota 37, que indica que o balanço entre acidez e açúcares + frescor do aroma, com mínimo de amargor e adstringência; está dentro do padrão esperado para o paladar do consumidor americano, mas que acabou por se tornar um padrão de referência mundial.

#### - VARIEDADES:

Devido ao bom desempenho agrícola, o percentual da variedade Hamlin vem aumentando safra a safra frente as demais variedades. Isso tem levado a indústria a manter um estoque maior de produto para ser “blendado” de forma a atingir um padrão aceitável de qualidade, aumentando os custos logísticos. Outro

problema é que o ponto ideal de maturação acaba não sendo respeitado, pois com maior disponibilidade de precoces (Hamlin), é necessário antecipar e postergar ao mesmo tempo o intervalo de colheita e moagem destas variedades. Na Flórida, os frutos têm que estar dentro de uma faixa específica de *ratio*, não sendo permitida a moagem fora desta faixa; com isso a qualidade e o rendimento do suco obtido acabam sendo melhores que o obtido no Brasil com as mesmas variedades.

O plantio de Pera-Rio, por outro lado, vem sendo reduzido, principalmente por ser mais susceptível a doenças e ter menor produtividade no campo, aumentando os custos para o produtor, que no fim recebe o mesmo preço pago pelas demais variedades. No passado as variedades precoces tinham preços até 15% menores.

A Pera-Rio, porém, é uma variedade de extrema importância para a manutenção da qualidade do suco brasileiro e por manter as fábricas operando no intervalo entre as precoces e as tardias, o que representa um diferencial competitivo com a Flórida, cuja citricultura está baseada apenas nestes dois grupos.

As tardias têm se mantido no mesmo ritmo de plantio, por ter custo de produção agrícola mais baixo que da Pera-Rio. Com isso há a necessidade de se antecipar a colheita e processamento destas variedades, elevando os custos de transformação pelo menor rendimento industrial. Por outro lado, há também a necessidade de se prolongar o processamento, levando também a perdas e riscos de contaminação, devido à “sobrematuração” dos frutos. Neste caso, o ideal é ter uma opção de variedade “um pouco mais tardia” para aumentar o período da safra.

A colheita dos frutos, por consequência, acaba por ter o mesmo perfil, levando a um máximo de necessidade de mão de obra no pico e menor oferta de emprego nas extremidades das safras.

Isto se repete para as variedades médias. Para as tardias o problema é ainda maior, em função de seu maior percentual de participação. A antecipação acaba levando a perdas de rendimento industrial, porém é um pouco aliviada pela necessidade de produção de suco de *ratio* baixo (<12), que alguns mercados, em especial o europeu, têm demandado nestes últimos anos.

A colheita das variedades tardias tem ainda que ser prolongada muito além do ponto ideal, para que sejam aproveitadas as denominadas frutas temporãs, cuja qualidade e rendimento são muito pobres.

Em safras de floradas múltiplas, o problema se agrava com sobreposição de variedades colhidas fora do ponto ideal e com frutos de mesma variedade, porém em níveis de maturação distintos, colhidos junto com objetivo de evitar custos extras com repasse de colheita. Novamente o uso da irrigação demonstra sua importância, pode reduzir o fenômeno de floradas múltiplas, que acontece quando a frequência das chuvas não ocorre de forma sincronizada com a primeira florada, levando as árvores a abortá-la por questões de sobrevivência da planta.

Outro ponto importante neste processo é que os colhedores recebem por caixa de laranja colhida, tendo assim a única preocupação em retirar das árvores o máximo de frutos que conseguir no menor tempo, ficando a qualidade em segundo plano. Assim é comum haver recusas de cargas de frutos pela indústria e descontos de refugo, o que leva a mais perdas para o SAI.

Foi possível identificar que outras variedades, ainda pouco exploradas, podem ser consideradas no SAI e trazer contribuições importantes ao desempenho do mesmo. Por exemplo: a variedade Pineapple é mais precoce que a Hamlin e a Rubi pouco mais precoce que a Pineapple. Já a Valência Folha-Murcha é mais tardia que as variedades Natal / Valência.

Outro aspecto positivo é que o desempenho no campo é próximo das variedades que seriam substituídas pelas novas. A Tabela 03 apresenta os principais indicadores levantados nas entrevistas. É possível notar a similaridade entre os desempenhos da Rubi e Pineapple X Hamlin, bem como da Valência Folha Murcha X Natal / Valência.

<b>VARIEDADE</b>	<b>cx/planta</b>	<b>planta/ha</b>	<b>cx/ha</b>
<b>Rubi</b>	2,6	571	1 501
<b>Pineapple</b>	2,6	571	1 501
<b>Hamlin</b>	3,0	571	1 713
<b>Pera-Rio</b>	1,8	615	1 132
<b>Natal/Valência</b>	2,2	615	1 361
<b>V.Folha Murcha</b>	2,2	615	1 361

**Tabela 03** - Comparativo de produtividade das variedades.

**Fonte:** Elaboração própria a partir dos dados coletados nas entrevistas/questionários.

Os custos variáveis na produção agrícola foram levantados como sendo R\$ 4,85 igual para todas as variedades, mas com potencial de redução com a introdução das novas variedades, o qual foi considerado no modelo. Fazem parte destes custos variáveis a colheita (materiais e mão de obra) e a logística de fruta posta fábrica ou *bin*.

Já o custo fixo, que é composto por:

- mão de obra fixa (operacional e administrativo)
- implementos
- máquinas
- equipamentos
- manutenção
- formação do pomar
- fertilizantes, agroquímicos etc.

Este custo sofre influência da produtividade de cada variedade em termos de caixas de laranja por hectare. Sendo assim, ao contrário dos custos variáveis, há diferenças entre as variedades, conforme abaixo (valores em R\$/cx):

<b>Rubi</b>	<b>3,98</b>
<b>Pineapple</b>	<b>3,98</b>
<b>Hamlin</b>	<b>3,48</b>
<b>Pera-Rio</b>	<b>5,17</b>
<b>Natal/Valência</b>	<b>4,31</b>
<b>V.Folha Murcha</b>	<b>4,31</b>

Dentro do modelo foi considerada a substituição das variedades de forma programada e gradativa, sem qualquer incremento de custos ao SAI. Isto é possível porque existe uma renovação natural dos pomares, cuja vida útil comercial foi levantada como sendo de 18 anos. Deve-se, porém, considerar que do plantio até o quarto ano, a produção não é considerada significativa do ponto de vista comercial, tendo seu pico entre o quinto e o décimo oitavo anos. Com isso apenas por conta da idade das plantas há uma taxa de renovação dos pomares de 5,6%. Há que se considerar também a renovação por conta de doenças, em especial

*greening*, que leva a uma taxa adicional de 2,0%. O total de plantas a serem renovadas por safra é de 7,6%, ou seja, por ano (ou safra) 7,6% das variedades podem ser substituídas pelas novas.

A Tabela 04 apresenta a distribuição, em percentual sobre o total das variedades, atual das variedades e os valores propostos pelos especialistas tanto da área Agrícola quanto Industrial, tendo havido apenas pequenas variações nas respostas. O objetivo desta nova distribuição foi colher os frutos nos melhores períodos para cada variedade em termos de qualidade e rendimento (tanto agrícola como industrial). Cabe ressaltar, porém, que tanto estas variáveis como qualquer outra dentro do modelo podem ser alteradas e gerar diferentes cenários.

<b>VARIEDADE</b>	<b>ATUAL (%)</b>	<b>PROPOSTO PELOS ESPECIALISTAS (%)</b>
<b>Rubi</b>	0,5	7,1
<b>Pineapple</b>	0,5	19,0
<b>Hamlin</b>	19,0	15,0
<b>Pera-Rio</b>	28,0	22,5
<b>Natal/Valência</b>	50,0	23,5
<b>V.Folha Murcha</b>	2,0	12,9

**Tabela 04** - Distribuição percentual das variedades de laranja durante as safras.

**Fonte:** Elaboração própria a partir dos dados coletados nas entrevistas/questionários.

Um problema identificado durante a pesquisa de campo, é que existe um mal-entendido quanto aos desempenhos destas "novas variedades". Isso porque estas variedades são normalmente processadas fora de seus períodos ideais, sendo misturadas as "variedades tradicionais", devido a sua pequena quantidade comercial disponível para processamento industrial. Poucos dentro do SAI da Laranja têm este nível de conhecimento, por já terem feito testes e acompanhamentos específicos com estas variedades durante algumas safras.

A cor do suco da Rubi (38-39) e da Pineapple (37-38) são muito superiores a da Hamlin (35-37). A Rubi tem uma cor ainda mais intensa que a Pineapple, mas com sabor pouco pior. Por esta razão os especialistas recomendaram um percentual maior de Pineapple do que de Rubi. Dentro deste contexto, o suco

obtido destas variedades já é considerado pronto para expedição, sem necessidade de *mix* para sua correção, ao contrário do que acontece com a Hamlin. Isso significa menor necessidade de estoques e menores custos com movimentação e *mix* de suco. Os impactos são considerados nos custos de Logística, que no modelo estão dentro do elo da Produção Industrial.

Variedades colhidas nos seus melhores períodos também significam menor nível de refugos e menor rejeição de cargas. Isso significa não ter gastos com colheita, transporte, processamento etc. de frutos inadequados. Sem contar com os riscos de contaminação ao longo do processo, em especial dentro das processadoras. Novamente, redução de custos a ser capturada, a qual foi considerada dentro do modelo.

A variedade Hamlin, apesar de ter desvantagens do ponto de vista industrial, tem vantagens na produção agrícola, como: uma ótima produtividade em termos de caixas por hectare e seu período ótimo de colheita e processamento fica entre as variedades Rubi/Pineapple com a Pera-Rio. Se colhida neste período, também tem minimizados seus aspectos negativos, apresentando melhor cor, sabor e viscosidade (potencial de gelificação). Pela sua alta viscosidade, a Hamlin normalmente limita a adição de *pulp-wash in line*, diminuindo a eficiência industrial.

Por fim, os dias de safra podem ser ainda mais aumentados, se o programa de "*ratio baixo*" for feito com Rubi e Pineapple, ao invés de Natal/Valência. Isso traz ainda um ganho em rendimento e qualidade no todo da safra. A qualidade no geral do suco brasileiro poderá ser ainda melhorada.

Quanto a Valência Folha Murcha, seu desempenho (qualidade e rendimento) é muito similar ao das variedades Natal e Valência, tendo apenas seu período ideal de colheita posterior às mesmas.

O Quadro 08 apresenta a distribuição de todas as variedades em seus períodos ideais, conforme informações levantadas junto aos técnicos entrevistados. Cabe destacar que oscilações nesta distribuição podem ocorrer entre as diversas safras, segundo estes mesmos técnicos, apesar deste efeito ser minimizado com uso adequado e incremento da irrigação dos pomares. Vale destacar que as variedades foram distribuídas exatamente como sugerido pelos especialistas. O modelo não considerou e utilizou aspectos de programação dinâmica na sua construção.

Abril	Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro	
	1,00	1,20	1,20	2,50	1,00	1,00	2,60	2,60	2,70	2,70
	1,00	1,30	1,30		1,50	1,50				
	2,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,60	2,60	2,70	2,70
	4,2%	5,2%	5,2%	5,2%	5,2%	5,2%	5,4%	5,4%	5,6%	5,6%
Outubro	Novembro		Dezembro		Janeiro		Fevereiro		Março	
2,70	2,70	2,70	2,70	2,40	0,80	1,50	2,00	1,70		
					1,00					
2,70	2,70	2,70	2,70	2,40	1,80	1,50	2,00	1,70		
5,6%	5,6%	5,6%	5,6%	5,0%	3,8%	3,1%	4,2%	3,5%		
Rubi		Pineapple		Hamlin		Pera-Rio		Natal/Valência		V.Folha Murcha

### Quadro 08. Distribuição proposta das variedades durante as safras.

**Fonte:** Elaboração própria a partir dos dados coletados nas entrevistas/questionários.

É possível notar que a safra tem potencial técnico agrícola para atingir 10 meses no ano. Isso pode levar a diluição dos custos do SAI como um todo. A falta de um planejamento integrado tem levado a não exploração deste potencial, bem como a busca pela melhor distribuição das variedades considerando-se os dois agentes estudados dentro do SAI da Laranja.

Do lado da Produção Agrícola, os ganhos com o aumento do tamanho da safra, estão ligados a terem-se apenas funcionários fixos ao invés de safristas:

- Considerando-se um mês de férias + possível adoção de sistema de banco de horas, os dois meses sem safra/colheita seriam preenchidos por estas atividades, bem como com treinamentos, manutenção em equipamentos, maquinários e implementos etc.
- A quantidade de funcionários seria menor em função da melhor distribuição da colheita ao longo do ano/safra, ao invés de picos com várias turmas contratadas.
- Uma vez fixos, a produtividade em termos de caixa de laranja colhida por funcionário seria maior. Os administradores afirmam potencial de chegar a ganhos de 30% de produtividade.
- Os custos com rescisão trabalhista serão menores, sem contar aqui com o menor impacto social (menos pessoas se deslocando de regiões distantes, sem atividades durante o período de entressafra, menor necessidade de seguro desemprego etc.).

- Menor desgaste de materiais em geral, por maior cuidado dos funcionários, já que os mesmos estão ligados à empresa.

Do lado da Produção Industrial, os ganhos estão relacionados principalmente a maximização no uso de seus ativos, operar em plena capacidade do início ao final da safra, melhor eficiência em termos de insumos e recuperação de produtos em geral etc.

Apesar do modelo parecer ser aplicável a apenas grandes produtores, ele é adequado a todos dentro do SAI, sem distinção. Para isso o planejamento integrado é de grande importância. Pequenos produtores podem se reunir em grupos e capturar os ganhos da sinergia. O elo de Produção Industrial, que seria o responsável pela coordenação do planejamento integrado do SAI, poderia assumir a responsabilidade pela colheita e transporte da laranja (tendo também funcionários fixos para tal) dos pequenos produtores, tendo maior poder de negociação e obtendo preços muito mais atrativos nestas atividades.

O elo da Produção Industrial assumindo a coordenação do planejamento integrado do SAI da Laranja, poderia também deixar de investir na produção agrícola reduzindo a sua necessidade de remuneração de capital. Seu foco de investimentos poderia estar em:

- Busca de novas tecnologias e fomento à pesquisa (tanto agrícola, quanto industrial) para aumento da competitividade e redução de custos.
- Em irrigação de pomares com contrato de níveis de produtividade a serem garantidos pelos produtores agrícolas.
- Na compra centralizada de fertilizantes, agroquímicos, materiais, implementos etc., que pelo seu maior poder de negociação (quantidade muito maior), poderia capturar vantagens e repassá-las aos produtores.

Enfim, o modelo não esgota o tema, mas sim cria um ambiente para implantação de grande número de propostas de melhoria e maximização de desempenho para o SAI da Laranja como um todo.

Foi possível levantar que, atualmente no Brasil, apenas 14% dos pomares são irrigados. Este número é muito inferior ao praticado na Flórida, por exemplo. Assim, dentro do modelo foi considerado um incremento de 10 pontos percentuais por safra, a partir do quinto ano, tendo como exceção o primeiro ano, cujo incremento foi de 16%, até atingir 70% dos pomares irrigados entre o oitavo e o nono anos.

Os Administradores Agrícolas de propriedades rurais com áreas irrigadas e não irrigadas, demonstraram em seus controles os seguintes aspectos ligados a irrigação dos pomares de laranja, os quais foram devidamente considerados no modelo:

- Aumento entre 25 e 30% na produtividade. Para o modelo foi considerado um aumento de 25%.
- Aumento em R\$ 0,50 por caixa, os quais incluem amortização dos investimentos, custos com materiais e energia elétrica etc.
- Por outro lado, há uma redução na frequência de pulverizações, além da possibilidade de operar-se com fertirrigação. No modelo foi considerada os custos com irrigação anulados pelos ganhos com controle de pragas e fertilização do solo.

No modelo, os rendimentos de FCOJ obtidos para cada variedade foram considerados já com os ganhos em eficiência industrial. A cada carga de laranja que chega às unidades processadoras, uma amostra aleatória é coletada e enviada para análises no denominado laboratório preliminar. As grandes processadoras têm um sistema automático de coleta, que retira frutos durante o descarregamento do veículo, representando assim toda a carga, e por transportadores os envia automaticamente para o laboratório preliminar. Tipicamente, dentre outros, são analisados: sólidos solúveis ( $^{\circ}$ Brix), acidez, *ratio*, tamanho dos frutos (frutos/cx), rendimento de suco (em % direto e em cx/t convertido a  $66^{\circ}$  Brix) e refugo.

O índice de refugos é descontado automaticamente do peso da carga de frutos a ser pago ao produtor. Os demais itens são importantes para controle industrial.

A eficiência industrial é calculada a partir do rendimento industrial sobre o rendimento obtido no laboratório preliminar em valores percentuais. Como no processo industrial ocorre a adição de *pulp-wash in line*, a eficiência tende a ser maior que 100%, justamente pela maior recuperação de sólidos, os quais são convertidos em FCOJ.

O rendimento pode ser apresentado em quantidade de caixas para obter-se uma tonelada de FCOJ (cx/t) ou em kg de FCOJ por caixa processada (kg/cx). No modelo, todos os rendimentos, não apenas de FCOJ, mas também dos subprodutos, estão kg/cx, mantendo assim a mesma base.

A Tabela 05 apresenta os valores dos rendimentos obtidos na pesquisa de campo (inicial) e pelo modelo ao final do ciclo (final), nas duas Unidades. São apresentados os valores de rendimentos esperados para cada variedade colhida dentro dos seus períodos ideais, tanto em kg/cx, quanto em cx/t. Também é apresentada a média ponderada dos rendimentos por participação de cada variedade em quantidade de caixas. Todos estes dados foram validados pelos especialistas, conforme roteiro (Apêndice G), os quais consideraram os resultados como coerentes com seus conhecimentos práticos.

<b>VARIEDADE</b>	<b>Inicial (kg/cx)</b>	<b>Final (kg/cx)</b>	<b>Inicial (cx/t)</b>	<b>Final (cx/t)</b>
Rubi	4,167	4,094	240,0	244,3
Pineapple	4,202	4,199	238,0	238,2
Hamlin	4,041	4,208	247,5	237,7
Pera-Rio	4,344	4,397	230,2	227,4
Natal/Valência	4,265	4,375	234,4	228,6
V.Folha Murcha	3,922	4,087	255,0	244,7
<b>MÉDIA PONDERADA</b>	<b>4,237</b>	<b>4,264</b>	<b>236,0</b>	<b>234,5</b>

**Tabela 05** - Rendimento de FCOJ esperado para cada variedade de laranja.

**Fonte:** Elaboração própria a partir dos dados coletados nas entrevistas/questionários e resultado de simulação do modelo.

As únicas variedades que terão rendimentos menores no final do período são a Rubi e a Pineapple. Isto se deve ao fato de que estas variedades serão usadas no programa de "*ratio* baixo", tendo assim parte dos frutos colhida precocemente.

Para o percentual de distribuição das sobras, ou seja, o valor restante do total das receitas com venda de FCOJ menos o total de custos dos dois agentes do SAI da Laranja, foi usada a relação 30:70 (Agrícola:Industrial), tendo por base o conceito de necessidade de CAPEX do modelo Consecitrus. Este maior percentual para a produção industrial poderia estar vinculado ao seu compromisso em investimentos com irrigação, pesquisas, tecnologia, por exemplo. De qualquer forma, estes valores podem ser facilmente alterados a partir de critérios a serem acordados entre ambos os lados da cadeia. O mais importante aqui é que este tema não está esgotado, e que o ideal seria estabelecer critérios que estimulem ambos os agentes a se tornarem mais competitivos.

Com o modelo, também é possível definir a área necessária a produção agrícola proposta. Novos entrantes serão planejados ou poderão atuar no mercado de fruta *in natura*, evitando-se assim grandes oscilações nos tamanhos (quantidade de oferta de caixas de laranja) das safras com consequente variação nos preços do suco de laranja, como vem ocorrendo historicamente ao longo dos anos. Isso pode ser importante também para planejamento dentro do MAPA.

No modelo, o elo da Produção Industrial cobre desde o recebimento das frutas nas Unidades Processadoras e *bins*, até a entrega do suco na Europa, tendo como base o Porto de Roterdã na Holanda.

Os processadores de cítricos, já há algum tempo, perceberam o valor dos subprodutos e vem capturando este valor com muita atenção. Na Tabela 06 estão descritos os rendimentos e preços médios de cada subproduto, como inseridos no modelo.

<b>SUBPRODUTO</b>	<b>Rendimento (kg/cx)</b>	<b>Preço (US\$/t)</b>
<b>Óleo Essencial</b>	0,136	1 300
<b>Terpenos</b>	0,100	1 300
<b>Fase Oleosa</b>	0,010	5 000
<b>Fase Aquosa</b>	0,030	1 000
<b>CPP</b>	4,660	150
<b>FOC</b>	0,177	800
<b>WESOS</b>	0,240	50% do preço do FCOJ

**Tabela 06** - Rendimentos e preços dos Subprodutos.

**Fonte:** Elaboração própria a partir dos dados coletados nas entrevistas/questionários.

Como o FCOJ, os subprodutos são principalmente destinados à exportação, por esta razão seus preços de venda são em dólares por tonelada.

Um fato importante destacado pelo modelo é a contribuição com as receitas de vendas destes subprodutos, a qual é bastante significativa, chegando a R\$ 680 por tonelada de FCOJ. Este valor é subtraído dos custos totais industriais/logística dentro do elo da Produção Industrial.

Cabe ressaltar que, dentro do modelo, o valor de venda do WESOS foi bastante conservador, ou seja, foi considerado o valor mínimo, já que o mesmo pode variar de 50 a 80% do preço do FCOJ. Mesmo assim, o resultado dos subprodutos é muito bom para o SAI da Laranja. Este valor também pode ser alterado dentro do modelo, como das demais variáveis.

Os custos do elo de Produção Industrial foram sintetizados dentro do modelo em cinco grandes grupos, conforme descritos abaixo. Cabe ressaltar que por limitações em confidencialidade dos dados, os custos foram mantidos nestes grupos como blocos, sem a possibilidade de abrí-los em seus componentes básicos, como por exemplo: energia elétrica, salários + número de funcionários, dentre outros. Citaremos apenas os componentes principais sem os respectivos valores:

#### CUSTO FIXO INDUSTRIAL:

Refere-se aos valores gastos com mão de obra fixa, amortização de investimentos, materiais de escritório, telefonia e informática, qualidade, áreas de apoio. Estes custos permanecem independentes da quantidade de caixas de laranja processadas ou de suco e subprodutos obtidos.

#### CUSTOS VARIÁVEIS INDUSTRIAIS:

Referem-se aos valores gastos com safristas (mão de obra temporária), insumos, embalagens, energia, utilidades. Estes custos são diretamente afetados pela quantidade de caixas processadas, capacidade em operação da planta, nível de movimentação de produtos (*mix*, por exemplo) etc.

#### CUSTOS COM TERMINAIS MARÍTIMOS:

Incluem os gastos com um terminal de descarregamento de veículos, armazenamento e carregamento de navios no porto de Santos e um terminal de descarregamento de navio, armazenamento e expedição a clientes no porto de Roterdã + despesas com aluguéis em outras localidades.

### CUSTOS COM LOGÍSTICA:

Os gastos aqui se referem apenas a produto final (suco e subprodutos), pois os gastos com movimentação de fruta já estão considerados nos custos da mesma. Incluem transporte terrestre e marítimo e armazenamento em terceiros.

### DESPESAS OPERACIONAIS, VENDAS E OUTROS

Aqui estão consideradas todas as taxas, marketing, comissões, contribuições, alta administração, jurídico e todas as demais despesas que estão sob a responsabilidade do processador.

A Tabela 07 apresenta os valores iniciais dos custos da Produção Industrial obtidos na pesquisa de campo. Além disso, ela aponta os valores finais resultantes do planejamento integrado proposto pelo modelo. Pode-se observar que após o décimo ano não ocorrem mais alterações nos valores, isso acontece porque o planejamento de troca de variedades foi completado e o percentual de área irrigada preconizado pelo modelo foi atingido. Novas tecnologias ou variedades, se desenvolvidas podem ser introduzidas no modelo.

ANO	Inicial (R\$/t FCOJ)	Final (R\$/t FCOJ)
Custo Fixo Industrial	200	125
Custos Variáveis Industriais	293	278
Custos com Terminais Marítimos	53	50
Custos com Logística	359	341
Despesas Operacionais, Vendas, Outros	208	198
<b>TOTAL</b>	<b>1 113</b>	<b>992</b>

**Tabela 07** - Relação dos custos da Produção Industrial.

**Fonte:** Elaboração própria a partir dos dados coletados nas entrevistas/questionários e resultado de simulação do modelo.

Potencial de redução custos e, conseqüentemente, ganhos para o SAI da Laranja que o modelo pode possibilitar pode ser considerado como significativo. Trazendo os valores de receita dos subprodutos, como redutores adicionais destes custos, o desempenho do SAI se torna muito atrativo.

Considerando-se que os pomares começam sua produção comercial a partir do quinto ano, os resultados com as substituições das variedades dentro da

taxa normal de renovação, começam a ser significativos a partir deste período. Do primeiro ao quarto ano, o modelo considera, dentro da inércia típica de renovação atual, os mesmos resultados, pois as árvores plantadas nos cinco anos anteriores começarão a produzir a partir do primeiro ano, sem grandes mudanças.

No modelo foi considerado um horizonte de doze anos, mas com os objetivos de trocas de variedades e incremento em área irrigada já ocorrendo a partir do décimo ano. Assim, pode-se considerar que em um prazo de cinco anos, sem investimentos adicionais, o novo modelo de planejamento integrado possibilita uma melhora no desempenho do SAI da Laranja.

A Tabela 08 apresenta os resultados da simulação considerando-se um cenário em que todos os dados que alimentam o modelo foram exatamente aqueles levantados na pesquisa de campo, o qual foi denominado como Cenário “A”.

CENÁRIO “A”									
Ano	EBITDA		Lucro Líquido	Preço Laranja	Custo Laranja	Custo Agrícola	Custo Industrial	Ganho por Caixa	
	%	R\$/Safrá	R\$/ha	R\$/cx	R\$/cx	R\$/t FCOJ	R\$/cx	R\$/cx	%
Inicial	14	63 791 496	1 246	11,30	10,40	2 454	432	0,90	9
1	14	63 791 496	1 246	11,30	10,40	2 454	432	0,90	9
2	14	63 791 496	1 246	11,30	10,40	2 454	432	0,90	9
3	14	63 791 496	1 246	11,30	10,40	2 454	432	0,90	9
4	14	63 763 980	1 245	11,31	10,40	2 456	430	0,91	9
5	14	68 703 886	1 266	11,38	10,46	2 461	416	0,92	9
6	16	85 972 291	1 452	11,23	10,22	2 415	387	1,01	10
7	17	105 929 371	1 671	11,16	10,03	2 361	355	1,13	11
8	19	127 916 053	1 882	11,06	9,83	2 311	323	1,23	13
9	20	145 058 121	2 025	10,99	9,69	2 273	315	1,30	13
10	20	148 626 467	2 119	10,91	9,59	2 248	315	1,32	14
11	20	148 626 467	2 119	10,91	9,59	2 248	315	1,32	14
12	20	148 626 467	2 119	10,91	9,59	2 248	315	1,32	14

**Tabela 08** - Resultados da simulação do modelo: Cenário “A”.

**Fonte:** Elaboração própria a partir dos dados coletados nas entrevistas/questionários.

O ano "inicial" representaria exatamente a condição atual do SAI da Laranja, uma vez que a distribuição das variedades, custos, rendimentos e demais indicadores são aqueles praticados e obtidos pelo setor. A grande diferença está na remuneração dos produtores, que pela deficiência em um modelo de planejamento integrado, acabam recebendo pela caixa da laranja um valor inferior ao seu custo em situações de safras grandes. Por outro lado, recuperam as perdas tendo um ganho muito acima de seus custos em safras menores, ocasião em que vários novos produtores agrícolas são atraídos a entrarem neste SAI, levando a novo ciclo de preços baixos, e assim sucessivamente.

A época das entrevistas, por exemplo, o valor pago aos produtores variava entre R\$ 7,00 e R\$ 8,00 por caixa. Valores estes muito inferiores aos R\$ 10,40 por caixa de custos. Nesta situação, vários produtores abandonam os seus pomares, propiciando a propagação de doenças, e partem para outra cultura agrícola. Outros, apenas deixam de cuidar do manejo (sem aplicação de fertilizantes e agroquímicos) como compensação aos custos frente aos preços, porém o reflexo disso é a baixa produtividade e custos ainda maiores para o SAI subsequentemente.

Durante as entrevistas foi possível obter informações sobre lucro líquido por hectare de outras culturas agrícolas (há oscilações em função de oferta e demanda, mas os valores poderiam representar a média). Há bastante dificuldade em obter-se este indicador dentro de uma mesma base conceitual e de forma confiável. Dentro do modelo, partiu-se de um valor de R\$ **1.246,00** por hectare e chegou-se a R\$ **2.119,00** por hectare.

Outro indicador-chave que demonstra possibilidade de evolução com o modelo é a margem de EBITDA. Este indicador que mede a capacidade do agente processamento industrial em gerar caixa, mesmo com a divisão das sobras, passaria de 14 para 20%.

Por fim, o valor a ser recebido pelos produtores agrícolas pela caixa de laranja, apesar diminuir e criar uma sensação de perda, na verdade geraria um ganho adicional ao custo de produção agrícola, passando de R\$ 0,90R\$ por caixa (9% a mais) para R\$ 1,32 por caixa (14%). Cabe ressaltar que na prática atual, este

ganho adicional muitas vezes não se concretiza, justamente como ocorreu a época das entrevistas.

Variáveis foram alteradas e outros dois cenários foram criados, denominados de "B" e "C". Estes cenários, além de permitir a verificação da sensibilidade do modelo, também permitem avaliar o comportamento do SAI da laranja frente a situações favoráveis (cenário "A") de mercado e produtividade, bem como em situações desfavoráveis (cenário "B").

O Quadro 09 apresenta as variáveis alteradas para cada cenário. Para a criação destes dos cenários "B" e "C", partiu-se do cenário "A" (plano experimental) com variações nos itens descritos a seguir:

<b>CENÁRIO</b>	<b>"A"</b>	<b>"B"</b>	<b>"C"</b>
Preço do FCOJ (US\$/t)	1 800	2 200	1 400
Rendimento do FCOJ (kg/cx)	4,237	4,462	3,804
Custo Fixo Agrícola (R\$/cx)	5,55	4,82	6,28
Custos Variáveis Agrícolas (R\$/cx)	4,85	3,80	5,90

**Quadro 09.** Variáveis alteradas para criação dos cenários "B" e "C".

**Fonte:** Elaboração própria a partir de variações nos dados coletados nas entrevistas/questionários.

#### PREÇO DO FCOJ:

No cenário "A", foi considerado o valor de US\$ 1,800.00 por tonelada, valor já descontado das taxas nos diversos mercados de venda. Este valor é interessante, pois gera baixo nível de atratividade para outros países em desenvolverem um parque citrícola e tornarem-se competidores do Brasil. Com este valor, também foi possível verificar dentro do modelo que há ganhos para o SAI como um todo, em especial quando bem planejado de forma integrada.

A proposta para o cenário "B" foi usar o mesmo valor tido como exemplo no modelo proposto para o Consecitrus 2012, ou seja: US\$ 2,200.00 por tonelada de FCOJ.

Partindo-se da mesma premissa de aumento, ou seja, US\$ 400.00 por tonelada de FCOJ (2,200.00 - 1,800.00), para o cenário "C" foi reduzido este mesmo valor, ficando em US\$ 1,400.00 por tonelada.

#### RENDIMENTO DO FCOJ:

No cenário “A”, foi considerado o valor médio ponderado entre as variedades de 4,237 kg/cx (ou 236,0 cx/t). Este valor foi obtido a partir dos dados levantados nas entrevistas e questionários. Para evitar "ruídos" nos dados, devido às mudanças recentes que vêm ocorrendo no setor, tais como: aumento da participação da Hamlin e deslocamento do cinturão citrícola cada vez mais em direção ao sul do estado de São Paulo; foram considerados os dados dos últimos cinco anos apenas. Uso de dados históricos menos recentes podem não representar o SAI atualmente.

Para o cenário “B” foi considerado o melhor rendimento apresentado na Tabela 01, que foi de 4,462 kg/cx (ou 224,1 cx/t). Os rendimentos foram corrigidos proporcionalmente para cada variedade considerada no modelo.

Também para o cenário “C” a Tabela 01 foi tomada como base, porém, neste caso, foi considerado o pior rendimento, ou seja: 3,804 kg/cx (ou 262,9 cx/t). Aqui também, Os rendimentos foram corrigidos proporcionalmente para cada variedade considerada no modelo.

#### CUSTO FIXO AGRÍCOLA

No cenário “A” foi considerado o valor médio ponderado entre as variedades de R\$ 5,55 por caixa. Como para o rendimento de FCOJ, este valor foi obtido a partir dos dados levantados nas entrevistas e questionários. Aqui, também, para evitar "ruídos" nos dados, foi considerado apenas o histórico dos últimos cinco anos.

Por outro lado, no cenário “B” foi usado o mesmo valor descrito no Quadro 07, proposto pelo Consecitrus 2012, ou seja: R\$ 4,82 por caixa. Este custo foi corrigido proporcionalmente para cada variedade considerada no modelo.

Aqui também foi usado o conceito de partir-se da mesma premissa de redução, ou seja, R\$ 0,73 por caixa (5,55 - 4,82), para o cenário “C” foi aumentado este mesmo valor, ficando em R\$ 6,28 por caixa. Este custo, também, foi corrigido proporcionalmente para cada variedade considerada no modelo.

## CUSTOS VARIÁVEIS AGRÍCOLAS

No cenário "A" foi considerado o mesmo valor para todas as variedades de R\$ 4,85 por caixa. Da mesma maneira como descrito acima para o custo fixo, este valor foi obtido a partir dos dados levantados nas entrevistas e questionários. Aqui, também, para evitar "ruídos" nos dados, foi considerado apenas o histórico dos últimos cinco anos.

Dentro do cenário "B" foi usado o mesmo valor descrito no Quadro 07, proposto pelo Consecitrus 2012, ou seja: R\$ 3,80 por caixa. Este custo foi mantido idêntico para cada variedade considerada no modelo.

Aqui também foi usado o conceito de partir-se da mesma premissa de redução, ou seja, R\$ 1,05 por caixa ( $4,85 - 3,80$ ), para o cenário "C" foi aumentado este mesmo valor, ficando em R\$ 5,90 por caixa. Este custo também foi mantido idêntico para cada variedade considerada no modelo.

Qualquer outro parâmetro, além destes, poderia ter sido alterado na criação dos diferentes cenários, como por exemplo: rendimentos e preços de subprodutos, custos industriais, custos logísticos etc. Para este trabalho de pesquisa, apenas estes alterados já foram suficientes, até mesmo porque tendem a ser os mais controversos e impactantes dentro do setor. Também foram suficientes para demonstrar os ganhos potenciais com o planejamento integrado do SAI.

A Tabela 09 apresenta os resultados da simulação com o Cenário "B". Neste cenário os indicadores chave teriam um desempenho muito bom. A margem de EBITDA chegaria a 29% e o lucro líquido por hectare a R\$ 3.217,00. O ganho com a partilha das sobras em R\$/cx poderia atingir até 26% ou R\$ 2,02.

CENÁRIO "B"									
Ano	EBITDA		Lucro Líquido	Preço Laranja	Custo Laranja	Custo Agrícola	Custo Industrial	Ganho por Caixa	
	%	R\$/Safrá	R\$/ha	R\$/cx	R\$/cx	R\$/t FCOJ	R\$/cx	R\$/cx	%
Inicial	24	114 228 153	2 231	10,24	8,62	1 931	456	1,62	19
1	24	114 228 153	2 231	10,24	8,62	1 931	456	1,62	19
2	24	114 228 153	2 231	10,24	8,62	1 931	456	1,62	19
3	24	114 228 153	2 231	10,24	8,62	1 931	456	1,62	19
4	24	114 240 543	2 231	10,25	8,62	1 933	454	1,63	19
5	24	122 616 331	2 259	10,31	8,67	1 937	441	1,64	19
6	25	146 456 895	2 474	10,19	8,46	1 899	413	1,73	20
7	27	172 231 021	2 716	10,13	8,30	1 856	382	1,83	22
8	28	200 250 710	2 946	10,06	8,14	1 816	351	1,92	24
9	29	222 492 726	3 105	10,00	8,01	1 785	343	1,99	25
10	29	225 591 722	3 217	9,94	7,92	1 764	343	2,02	26
11	29	225 591 722	3 217	9,94	7,92	1 764	343	2,02	26
12	29	225 591 722	3 217	9,94	7,92	1 764	343	2,02	26

**Tabela 09** - Resultados da simulação do modelo: Cenário "B".

**Fonte:** Elaboração própria a partir de variações nos dados coletados nas entrevistas/questionários.

A Tabela 10, por outro lado, apresenta os resultados da simulação com o Cenário "C". Neste cenário os indicadores chave teriam um desempenho ruim. A margem de EBITDA chegaria apenas a 8% e o lucro líquido por hectare a R\$ 747,00. O ganho com a partilha das sobras em R\$/cx poderia apenas 4% ou R\$ 0,47.

CENÁRIO “C”									
Ano	EBITDA		Lucro Líquido	Valor Laranja	Custo Laranja	Custo Agrícola	Custo Industrial	Ganho por Caixa	
	%	R\$/Safra	R\$/ha	R\$/cx	R\$/cx	R\$/t FCOJ	R\$/cx	R\$/cx	%
Inicial	0	1 602 136	31	12,20	12,18	3 201	377	0,02	0
1	0	1 602 136	31	12,20	12,18	3 201	377	0,02	0
2	0	1 602 136	31	12,20	12,18	3 201	377	0,02	0
3	0	1 602 136	31	12,20	12,18	3 201	377	0,02	0
4	0	1 522 336	30	12,21	12,19	3 204	375	0,02	0
5	1	2 225 234	41	12,28	12,25	3 212	360	0,03	0
6	2	11 225 787	190	12,11	11,98	3 154	328	0,13	1
7	4	23 673 487	373	12,01	11,76	3 083	295	0,25	2
8	6	37 782 544	556	11,89	11,53	3 019	262	0,36	3
9	7	48 377 885	675	11,80	11,37	2 970	252	0,43	4
10	8	52 415 580	747	11,72	11,25	2 938	252	0,47	4
11	8	52 415 580	747	11,72	11,25	2 938	252	0,47	4
12	8	52 415 580	747	11,72	11,25	2 938	252	0,47	4

**Tabela 10** - Resultados da simulação do modelo: Cenário “C”.

**Fonte:** Elaboração própria a partir variações nos dados coletados nas entrevistas/questionários.

Um aspecto relevante é que em todos os três cenários gerados nas simulações, a incorporação do planejamento integrado pelo SAI da Laranja com a introdução de novas variedades via modelo em dinâmica de sistemas, melhora seu desempenho ao longo do tempo. Isso porque o modelo não foi concebido apenas para interações comerciais entre os seus dois agentes, mas para captura de valor para a cadeia como um todo, trazendo aspectos ligados a tecnologia, produtividade, custos, preços etc.

Comparando-se os três cenários, também fica evidente o bom nível de sensibilidade do modelo, o qual gera indicadores chave de desempenho bem distintos entre si, como pode ser visto na Tabela 11.

<b>INDICADOR CHAVE</b>	<b>“A”</b>	<b>“B”</b>	<b>“C”</b>
EBITDA (%) - Inicial	<b>14</b>	24	0
EBITDA (%) - Final	<b>20</b>	29	8
Lucro Líquido (R\$/ha) - Inicial	<b>1 246</b>	2 231	31
Lucro Líquido (R\$/ha) - Final	<b>2 119</b>	3 217	747
Ganho (R\$/cx) - Inicial	<b>0,90</b>	1,62	0,02
Ganho (R\$/cx) - Final	<b>1,32</b>	2,02	0,47

**Tabela 11** - Comparativo entre os três cenários gerados pelo modelo.

**Fonte:** Elaboração própria a partir variações nos dados coletados nas entrevistas/questionários.

Como os itens são distribuídos em rede nas equações dentro do modelo, alterações em alguns parâmetros provocam mudanças maiores nas variações entre os cenários, apesar de próximos a lineares. Vale ressaltar que este modelo foi concebido apenas com equações lineares e estas variações também ocorrem pelos deltas em tempo (variáveis de estoque e fluxo). Por exemplo: para a criação destes três cenários, foram variados:

- Preço do FCOJ: ±22%
- Rendimento do FCOJ: ±10%
- Custo Fixo Agrícola: ±13%
- Custos Variáveis Agrícolas: ±22%

os quais geraram variações muito maiores nos indicadores chave e, mais interessante, em intensidades diferentes para maior e para menor:

- EBITDA (%) - Final: +45% -60%
- Lucro Líquido (R\$/ha) - Final: +52% -65%
- Ganho (R\$/cx) - Final: +53% -64%

As variações nos indicadores-chave entre os três cenários demonstram a sensibilidade do modelo as alterações de suas variáveis.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo como ponto de partida, neste estudo, o problema crítico pelo qual passa a citricultura mundial e, mais especificamente a citricultura brasileira, já que é a mais importante em termos de exportação de sucos e subprodutos da laranja, uma possível carência no planejamento integrado do SAI foi identificada dentro da literatura disponível.

As ameaças de doenças, em especial, neste momento, tendo o “*greening*” como a principal, bem como a constante competição com o SAI da cana-de-açúcar, o qual ano a ano vem tomando áreas com cítricos (laranja e outros) e levando o cinturão citrícola a se mover cada vez mais para o Sul do Estado de São Paulo; leva a citricultura brasileira a buscar em caráter de urgência soluções que possam não somente trazer a perenidade ao negócio, como a uma questão mais crítica: a sua própria sobrevivência.

Uma boa oportunidade aparece via PDP (Processo de Desenvolvimento de Produto), com o desenvolvimento e cultivo de novas variedades de laranjas, ligado ao PCP (Planejamento e Controle da Produção), bem como uma melhor integração entre os agentes de produção agrícola e processamento industrial. Este conjunto de ações podem trazer ganhos em diversos aspectos, tais como: redução da base de ativos com a utilização plena da capacidade instalada via aumento no tamanho/período de safra, produção contínua de suco com características de qualidade já adequadas ao mercado reduzindo armazenamento e operações de “*blending*”, fixação da mão de obra e eliminação de safristas, dentre outras.

A busca por um modelo que pudesse também ser aplicado a outros sistemas agroindustriais, levou ao aprofundamento em simulações dentro da técnica em dinâmica de sistemas, em especial pelo dinamismo presente no agronegócio. Assim, do ponto de vista teórico, o modelo proposto vem também preencher uma lacuna. Como o modelo contempla aspectos de engenharia, considerando também inovação, tecnologia e maximização de indicadores chave do SAI como um todo, dentro de um planejamento integrado, pode ser mais efetivo em melhorar o seu

desempenho do que apenas interações baseadas em aspectos puramente comerciais (preço da caixa de laranja), como comumente ocorre.

As questões formuladas foram adequadamente respondidas:

- O uso de um modelo de planejamento integrado entre a produção agrícola e agroindústrias, que contemple as novas variedades e aspectos tecnológicos, aumentaria os ganhos financeiros do conjunto da cadeia produtiva?

**Sim.** Os resultados demonstraram haver um potencial significativo no aumento do desempenho do SAI. Há possibilidade de aumentar o tamanho das safras (em dias de processamento) de oito para dez meses. Assim, uma planta industrial com capacidade nominal de processamento de 30 milhões de caixas de laranja por safra, sem investimentos em CAPEX e aumento de mão de obra, passaria a processar 48 milhões de caixas. Esta condição pode levar a diluição de custos e melhoria na qualidade do FCOJ e subprodutos, dentre outros. O lucro líquido por hectare para produtores agrícolas pode aumentar em 70%, passando de R\$ 1.246,00 (condição atual) para R\$ 2.119,00 por hectare (condição futura). Já a margem de EBITDA para as agroindústrias poderia sofrer um aumento de 43%, passando de 14% para 20%.

- Modelos que utilizam dinâmica de sistemas podem ser utilizados para avaliar os eventuais ganhos advindos do planejamento integrado de produção agrícola e processamento industrial?

**Sim.** Além de permitirem avaliar eventuais ganhos financeiros advindos do planejamento integrado de produção, os modelos permitem a geração rápida e prática de diferentes cenários, os quais podem suportar nas tomadas decisões.

Os resultados encontrados são bastante animadores e podem representar um bom potencial de reerguimento deste setor, mantendo o Brasil no topo.

Quanto aos objetivos propostos para este trabalho é possível afirmar que foram plenamente atingidos, apesar das limitações encontradas.

#### OBJETIVO PRINCIPAL:

Os resultados obtidos demonstraram ser possível verificar que mecanismos de planejamento integrado que contemplem a introdução e a distribuição de novas variedades de laranja ao longo das safras podem melhorar o desempenho do SAI da laranja e, desta forma, aumentar sua competitividade. Os três indicadores-chave sofreram melhorias significativas comparando-se a condição atual do SAI, com a situação futura. Lucro líquido por hectare aumentou em 70% e margem de EBITDA em 43%

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Foi possível desenvolver um modelo em dinâmica de sistemas que contemplou não apenas as relações comerciais entre os agentes, mas também inovação, tecnologia e maximização de indicadores chave do SAI como um todo. No modelo foi considerado um horizonte de 12 anos, partindo-se da condição atual do SAI (inicial), com três cenários gerados a partir de dados obtidos nas pesquisas de campo. No cenário "A" os dados foram introduzidos como tal, já para os cenários "B" e "C", foram alteradas variáveis dentro de faixas determinadas. O modelo mostrou-se simples e prático na geração de diferentes cenários, os quais puderam também demonstrar a sensibilidade do mesmo com a alterações de suas variáveis. O modelo foi validado por especialistas, tanto em suas partes como no todo, e foi considerado como potencial a ser usado no suporte a eventuais tomadas de decisão pelos agentes do SAI.

Apesar de não ter sido elencado como objetivo, vale destacar que com o planejamento integrado entre os agentes do SAI, há uma tendência dos custos diminuir. Com isso, o valor final a ser recebido pelos produtores de laranja em Reais por caixa também tende a cair, o que gera uma sensação de perda. Porém,

pode ser criado um novo paradigma dentro do SAI, em que o mais importante não é o valor recebido pela caixa de laranja, mas sim o valor adicional aos seus custos e, principalmente, o valor em Reais por hectare. Este indicador pode ser mais importante na hora de comparar com outras culturas, como a margem de EBITDA é para comparar resultado de diferentes empresas, inclusive de segmentos totalmente distintos entre si. Em decisões de mudar-se de cultura agrícola, este dado seria de grande relevância.

Mesmo não tendo esgotado o tema, é gratificante constatar que um SAI tão importante para o Brasil em termos de divisas, como é o da laranja, tem enorme potencial se usar mecanismos de planejamento integrado suportado por modelo em dinâmica de sistemas. Também é muito interessante verificar que não são necessários preços extremamente elevados de suco e subprodutos para manter sua sustentabilidade no longo prazo. Isso é interessante por manter a citricultura brasileira competitiva, com baixo risco de novos países entrantes, já que para eles a atratividade não seria tão alta.

## **8.1. LIMITAÇÕES DO ESTUDO**

Diversas dificuldades foram encontradas durante este trabalho de pesquisa. Algumas foram bem superadas, outras, porém, permaneceram até o final, mesmo com grande esforço e dedicação em minimizá-las. As principais, que permaneceram, foram:

**a)** Uma grande limitação a este estudo foi sem dúvida a enorme dificuldade na obtenção de informações, pelas características extremamente fechadas do SAI da laranja. Isso impactou em:

- Pequena disponibilidade de participantes para as entrevistas e questionários, tanto do lado da Produção Agrícola, quanto da Produção Industrial.

- Necessidade de alto nível de confidencialidade. Com isso, o modelo não pode entrar, principalmente, em detalhes de custos. Os custos foram trabalhados como blocos. Caso estes blocos pudessem ser abertos nos seus diversos itens, maiores seriam os níveis e possibilidades de simulações, com criação de cenários e atualização de dados (impactos de inflação, data-base de correção de salários, dentre outros, por exemplo).

**b)** Um ponto relevante é a disputa entre os dois agentes e a dificuldade em ambos entenderem que estão dentro do mesmo SAI. Eles poderiam, e até deveriam, continuar defendendo seus interesses específicos, sem o qual poderia colocar em risco o aprimoramento da cadeia, porém dentro de limites que não gerem perdas ainda maiores.

**c)** Outra grande limitação é que, apesar dos ganhos demonstrados com o uso do modelo via dinâmica de sistemas e planejamento integrado do SAI coordenado pelo elo do processamento industrial, as grandes empresas atuais têm se "mantido no topo" e dificilmente adotarão este sistema, justamente por ele poder possibilitar a entrada de outras empresas processadoras (por exemplo: grupos de produtores) de forma competitiva neste SAI.

**d)** Carência de dados confiáveis sobre lucro líquido por hectare de outras culturas agrícolas, como forma de comparação de desempenho do SAI da laranja com outros.

## **8.2. SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS**

As principais sugestões para pesquisas futuras são:

**a)** Utilização do mesmo conceito do modelo em dinâmica de sistemas, para estudar outros sistemas agroindustriais de produção.

**b)** Outra possibilidade é, dentro do próprio SAI da laranja, estender o modelo até os engarrafadores no exterior, bem como ao mercado interno, incluindo fruta *in natura*.

**c)** Outra possibilidade é trazer dados meteorológicos históricos para o modelo gerar simulações em aumento ou redução de irrigação. Também podem ser incluídos: taxas de inflação previstas, tendências de aumento de preços de insumos e logística, ganhos com agricultura de precisão, dentre outros. O próprio modelo pode ser aprimorado com o uso de todos os seus recursos (equações não lineares, dial, quadros etc.).

**d)** Dentro da disciplina Pesquisa Operacional, estudar em como determinar os períodos ideais de produção e colheita das diversas variedades (incluindo-se as novas), considerando-se os aspectos de produtividade, qualidade, disponibilidade de ativos, chuvas etc.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACCIOLY, R.C.; **Análise da influência do mercado de suco pasteurizado sobre o comportamento da oferta de laranjas: utilizando a metodologia system dynamics**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, 2001.
- AGRA INFORMA LTD. **The Brazilian Citrus Industry**. Agra FNP and Agra Informa, United Kingdom, 2007.
- AGROANALYSIS. **O ano em que a citricultura mudou**. Agroanalysis, São Paulo, p. 16, junho/96.
- AGROANALYSIS. **Suco de laranja – guerra de gigantes**. Agroanalysis, São Paulo, p. 20, junho/96.
- ANDRADE, E. L. **Introdução à Pesquisa Operacional**. LTC, Rio de Janeiro, 2004.
- ANDRADE, J.H.; FERNANDES, F.C.F.; NANTES, J.F.D. **Avaliação do nível de integração entre PDP e PCP em ambiente de projeto e fabricação sob encomenda**. In: XXX ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2010, São Carlos.
- ARAÚJO, G.C.; BUENO, M.P.; SOUSA, A.A.; MENDONÇA, P.S.M. **Sustentabilidade empresarial: Conceito e Indicadores**. III CONVIBRA, 24-26 Novembro 2006.
- ASSOCITRUS. consulta ao *web* *site*:  
<http://www.associtrus.com.br/imagens/noticia15.pdf> em 27/12/2013.
- ASSOCITRUS. Consulta ao *web* *site*:  
<http://www.associtrus.com.br/index.php?xvar=downloads&tipo=4> em 03/01/2014.
- BARBOSA, L. A.; HELEN, A. **O sucesso no relacionamento entre usinas e fornecedores de cana**. Revista Canavieiros, pp.12-13, Maio de 2013.
- BATALHA, M.O. **Gestão Agroindustrial**. Vol. 1. São Paulo: Editora Atlas, 2009.
- BATALHA, M. O.; SILVA, A. L. **Competitividade em Sistemas Agroindustriais**. II Workshop Brasileiro de Gestão de Sistemas Agroalimentares, PENSA/FEA/USP, Ribeirão Preto/SP, 1999.
- BATISTA FILHO, J. **Simulação Dinâmica de Modelos Operacionais com Enfoque Aplicado à Engenharia de Projetos**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2001.

- BECKER, J.; ROSEMAN, M.; UTHMANN C. **Business Process Management**. Ed. Springer Berlin Heidelberg, 2000, pp. 30-49.
- BITITCI, U. S.; MARTINEZ, V.; ALBORES, P.; PARUNG, J. **Creating and managing value in collaborative networks**. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 34 Iss: 3, 2004, pp.251-268.
- BONABEAU, E. **“Agent-Based Modelling: Methods and Techniques for Simulating Human Systems”**, Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA (PNAS), 99(3): p. 7280-7287, 2002.
- BORGES, S.R.; PIO M.R. **Comparative study of the mandarin hybrid fruit characteristics: Nova, Murcott and Ortanique in Capão Bonito-SP, Brazil**. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal-SP, v.25, n.3, 2003, pp. 448-452.
- BORNIA, A.C.; LORANDI, J.A. **O processo de desenvolvimento de produtos compartilhado na cadeia de suprimentos**. Rev. FAE, Curitiba, v.11, n.2, p.35-50, jul./dez. 2008.
- BRADDOCK, R.J. **Handbook of Citrus By-Products and Processing Technology**. Lake Alfred-USA: University of Florida, John Wiley & Sons, 1999.
- BRUNSTEIN, I.; TOMIYA, E.H. **Modelo econômico de empresa sucroalcooleira**. Gest. Prod., São Carlos, v.2, n.3, p. 264-280, 1995.
- BUENO, N.P. **Introdução à dinâmica de sistemas: com aplicações para a economia**. Viçosa/MG, Editora UFV, 2011, 203p.
- CAOA M.; ZHANGB Q. Supply chain collaboration: **Impact on collaborative advantage and firm performance**. Journal of Operations Management 29 (2011) pp.163-180.
- CHÂTEAU, P.A.; CHANG, Y.C.; CHEN, H.; KO, T.T. **Building a stakeholder's vision of an offshore wind-farm project: A group modeling approach**. Science of the Total Environment 420 (2012) 43–53.
- CHOI, K.; KIM, S.W. **From R&D to Commercialization: A System Dynamic Approach**. Asian Journal on Quality, 2011, Vol. 9 Iss: 3 pp. 123 – 144.
- CHRISTOPHER, M. – **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: criando redes que agregam valor**. 2ª ed., Ed. Cengage Learning, São Paulo, 2009.
- CITRUSBR. Consulta ao web site: <http://www.citrusbr.com.br/exportadores-citricos/setor/laranja-e-seus-produtos-150826-1.asp> em 22/09/10.

- CITRUSBR. Consulta ao *web site* <http://www.citrusbr.com/citrusbr/assuntos/outros-estudos-brasil.asp> em 28/12/2013.
- CORAL, E. **Modelo de planejamento estratégico para a sustentabilidade empresarial.** Tese (Doutorado em Engenharia da Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2002.
- COTRIM, G. **Fundamentos da Filosofia: História e grandes temas.** 15ª Ed. São Paulo: Saraiva, 2000. p.249.
- DANGERFIELD, B.; GREEN, S.; AUSTIN S. **Understanding construction competitiveness: the contribution of system dynamics.** Construction Innovation: Information, Process, Management, 2010, Vol. 10 Iss: 4 pp. 408 – 420.
- DAVIDSEN, P.I. **Educational features of the System Dynamics approach to modelling and simulation.** Journal of Structural Learning, 12 (4), 1996.
- DIRECTIVE 2012/12/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL. **Amending Council Directive 2001/112/EC relating to fruit juices and certain similar products intended for human consumption.** 2012.
- FAULIN, E.J.; **O Uso do System Dynamics em um modelo de apoio a comercialização: uma aplicação à agricultura familiar.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, 2004.
- FAWCETT, S. E.; MAGNAN, G. M.; WILLIAMS, A. J. **Supply chain trust is within your grasp.** Supply Chain Management Review, 2004.
- FEARNE, A.; MARTINEZ, M.A.; DENT, B. **Dimensions of Sustainable Value Chains: Implications for Value Chain Analysis.** Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 17 Iss: 6, 2012.
- FERREIRA, J.O. **Estudo da viabilidade técnico-econômica da produção industrial da aguardente do ‘licor’ de laranja.** Dissertação para obtenção do grau de mestre em Alimentos e Nutrição da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Departamento de Alimentos e Nutrição. Araraquara/SP, 2005, 86p.
- FOLKERTS, H.; KOEHORST, H. **Challenges in international food supply chains: vertical co-ordination in the European agribusiness and food industries.** Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 2 Iss: 1, 1997, pp. 11-14.
- FORRESTER, J. W. **Industrial dynamics.** Cambridge, MA: MIT Press, 1961, 464p.

- FURLANETTO, E.L. **Formação das estruturas nas cadeias de suprimentos: estudos de caso em cinco empresas gaúchas.** Tese apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Escola de Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre/RS, 2002, 291p.
- GABAN, L.C. **Análise comparativa das instituições e organizações agroindustriais citrícolas dos estados da Flórida (EUA) e São Paulo (Brasil).** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, 2008.
- GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 4ª ed. São Paulo: Atlas, 1994. 207 p.
- GODINHO, M.; UZSOY, R. **Efeito da redução do tamanho de lote e de programas de Melhoria Contínua no Estoque em Processo (WIP) e na Utilização: estudo utilizando uma abordagem híbrida System Dynamics - Factory Physics.** Produção, v. 19, n. 1, jan./abr. 2009, p. 214-229.
- HAMMER, M. **Além da reengenharia - como organizações orientadas para processos estão mudando nosso trabalho e nossas vidas.** Rio de Janeiro: Campus, 1997. 249p.
- HASSE, G. **A Laranja no Brasil.** São Paulo: Duprat e IOBE, 1987.
- HIRSCHHEIM, R. **"Information Systems Epistemology: An Historical Perspective"** in Information Systems Research: Issues, Methods and Practical Guidelines, R. Galliers (ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1992, pp. 28-60.
- ISEE SYSTEMS. Consulta ao *web site*: <http://www.iseesystems.com/software/Version1004Fixes.aspx> em 11/01/2014.
- JAIN, R. **"The Art of Computer Systems Performance Analysis"**, John Wiley & Sons Inc, ISBN: 0-471-50336-3, 1991, 685 p.
- KESTERSON, J.W.; BRADDOCK, R.J. **By-Products and Specialty Products of Florida Citrus.** Gainesville-USA: University of Florida, 1976.
- KIMBALL, D.A. **Citrus Processing: A Complete Guide.** Gaithersburg-USA: Aspen Publishers, 1999.
- KWON, I.G., & SUH, T. **Factors affecting the level of trust and commitment in supply chain relationship.** Journal of Supply Chain Management, 2004.
- LAKATOS, E.M., MARCONI, M.A. **Fundamentos de metodologia científica.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 1995. (caps. 8 e 10).

- LI, F.J.; DONG, S.C.; LI, F. **A system dynamics model for analyzing the eco-agriculture system with policy recommendations.** Ecological Modelling 227 (2012) 34–45.
- MACAL, C. M.; NORTH, M. J. **“Tutorial on Agent-Based Modelling and Simulation Part 2: How to model with agents”**, in Perrone, L. F., Wieland, F. P. Lawson, B. G., Nicol, D. M. and Fujimoto R. M., J. A. (eds.), Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference, 2006.
- MARINO, M.K. **Análise da evolução da relação contratual entre produtor e agroindústria citrícola, após a extinção do contrato padrão.** II Workshop Brasileiro de Gestão de Sistemas Agroalimentares - PENSA/FEA/USP, Ribeirão Preto, 1999.
- MARTINS, Roberto A. **Princípios da pesquisa científica.** In: MIGUEL, Paulo A.M. (org.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2010, PP.5-29.
- MARTINS, Roberto A. **Abordagens quantitativa e qualitativa.** In: MIGUEL, Paulo A.M. (org.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2010, pp.45-61.
- MATOPOULOS, A.; VLACHOPOULOU, M.; MANTHOU, V.; MANOS B. **A conceptual framework for supply chain collaboration: empirical evidence from the agri-food industry.** Supply Chain Management: An International Journal, 2007, Vol. 12 Iss: 3 pp. 177–186.
- MBAgro. **Princípios metodológicos do modelo de parametrização e de divisão de riscos e retorno na cadeia citrícola brasileira.** Versão pública. Agosto de 2012. 58p.
- MENNER, W. A. **Introduction to modeling and simulation.** Johns Hopkins APL Technical digest, v. 16, n. 1, p. 6-17, 1995.
- MUNHOZ, J.R. **Otimização no planejamento agregado de produção em indústrias de processamento de suco concentrado congelado de laranja.** Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de São Carlos, 2009, 163p.
- NEVES, M.F.; CASTRO, L.T.; GOMES, C.C.M.P. **Suco de laranja com marca própria: Fatores a serem considerados.** Cordeirópolis, Laranja, revista técnico-científica de citricultura, Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do

- Agronegócio de Citrus Sylvio Moreira, Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, v. 24, n. 01, p. 19-30, 2003.
- NEVES, M.F. *et al.* **Metodologias de análise de cadeias agroindustriais: aplicação para citros.** Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 26, n. 3, p. 468-473, Dezembro 2004.
- NEVES, M.F.; JANK, M.S. **Perspectivas da cadeia produtiva da laranja no Brasil: A Agenda 2015.** Laranja: Agenda 2015. São Paulo/SP, 2006.
- NITSCHKE, T.; O'KEEFE, M. **Managing the linkage with primary producers: experiences in the Australian grain industry.** Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 2 Iss: 1, 1997, pp.4-6.
- NORTH, D.C. **Institutional Change and Economic Growth.** The Journal of Economic History, 1971, Vol. 31, No. 1, pp.118-125.
- OLIVEIRA, L.K.; NOVAES, A.G.; DECHECHI, E. **Análise de sistemas agroindustriais utilizando “system dynamics”:** uma contribuição metodológica. IV Congresso Internacional de Economia e Gestão de Redes Agroalimentares - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto / USP – Outubro de 2003.
- OTTO, P. **A system dynamics model as a decision aid in evaluating and communicating complex market entry strategies.** Journal of Business Research 61 (2008) 1173–1181.
- PAIVA, R.P.O.; MORABITO, R. **Um modelo de otimização para o planejamento agregado da produção em usinas de açúcar e álcool.** Gest. Prod., São Carlos, v.14, n.1, p. 25-41, 2007.
- PAVAN, T. A.; NEVES, M.F.; CARVALHO, D.T. - **O Processo de Compra de Suco de Laranja por Varejistas** - Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural – SOBER – Recife/PE, 05 a 08 de Agosto de 2001, p. 103.
- PIDD, M. **“Five simple principles of modelling”**, in J. M. Cbarnes, D. J. Morrice, D. T. Brunner, and J. J. Swain (eds.), Proceedings of the 1996 Winter Simulation Conference, 1996.
- PILBEAM, C.; ALVAREZ, G.; WILSON, H. **The governance of supply networks: a systematic literature review.** Supply Chain Management: An International Journal, 2012, Vol. 17 Iss: 4 pp.358-376.

- PRODANOV, C.C.; FREITAS, E.C. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2ª Ed. Universidade Feevale, Novo Hamburgo/RS, 2ª Edição, 2013. pp. 31-34.
- REDD, J.; HENDRIX, C.M.; HENDRIX, D.L. **Quality Control for Citrus Processing Plants**. Safety Harbor-USA: Intercit Inc., 1986.
- SAUNT, J. **Citrus Varieties of the World**. Norwich-England: Sinclair International Limited., 1990.
- SCRAMIM, E.L.C., BATALHA, M.O. **Método para Análise de Benefícios em Cadeias de Suprimentos: Um Estudo de Caso**. Gestão e Produção, v.11, n.3 (Dez), pp. 331-342, 2004.
- SENGE, P.M. **A Quinta Disciplina: Arte e Prática da Organização que Aprende**. Editora Best Seller, 1994.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Editora Atlas, 2009.
- SOUSA, C. P. **The impact of food manufacturing practices on food borne diseases**. Braz. arch. biol. technol., Curitiba, v. 51, n. 4, 2008.
- SPREEN, T.; JAUREGUI, C. **World orange juice market: benefits of generic advertising**. British Food Journal, Vol. 111 Iss: 8, 2009, pp. 852 - 865.
- STERMAN, J. **Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world**. USA. Irwin MacGraw-Hill, 2000, 982p.
- TETRA PAK. **The Orange Book**. Lund-Sweden: Tetra Pak Processing System AB, 1998.
- TOWILL, D.R. **"Industrial dynamics modelling of supply chains"**, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 26 Iss: 2, 1996, pp. 23–42.
- TRIENEKENS, J.; UFFELEN R. van; DEBAIRE, J.; OMTA, O. **Assessment of innovation and performance in the fruit chain: The innovation-performance matrix**. British Food Journal, Vol. 110 Iss: 1, 2008, pp. 98-127.
- VILLELA, P.R.C., **Introdução a Dinâmica de Sistemas**. UFJF, Juiz de Fora/MG, 2005.
- VOSS, C. **Case research in operations management**. In: Karlson, C. **Researching Operations Management**. NY, Routledge, 2009. pp.162-195.

- WILBERGER, M. **Introduction to cellular automata for modeling and simulation.** SCS, Istanbul, Turkey, 1996.
- WILLIAMSON, O.E. **Transaction Cost Economics and Organization Theory.** In: SMELSER, N.J.; SWEDBERG, R. (editors). *The Handbook of Economic Sociology.* Princeton, Princeton University Press: 1994.
- YIN, R.K. **Case Study Research: Design and Methods.** Newbury Park, CA: Sage, 2001.
- ZYLBERSZTAJN, D. **Estruturas de governança e coordenação do Agribusiness: uma aplicação da Nova Economia das Instituições.** Tese de livre docência apresentada no Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo. São Paulo: 1995, 239p.

# **APÊNDICE A - Roteiro geral de entrevistas com grupo de produtores agrícolas**

## **I - INFORMAÇÕES GERAIS**

1) Cidade:

2) Área:

3) 100% com Citrus?

4) Quantidade de caixas:

5) Variedades (%)

Rubi:

Pineapple:

Hamlin:

Pera-Rio:

Valência:

Natal:

Folha-Murcha:

Outras:

## **II- INFORMAÇÕES ESPECÍFICAS**

1) Período de colheita atual:

2) Seria possível aumentar o período atual de colheita? Como?

3) Haveria ganhos se o período de colheita fosse aumentado? Quais?

- 4) Os colhedores poderiam tornar-se funcionários fixos ao invés de safristas se o período de safra fosse aumentado? Quais os benefícios?
- 5) Há diferenças em produtividade e custos entre as variedades? Quais? Quanto?
- 6) Os custos são todos medidos e controlados?
- 7) Quais itens compõem custos? Qual o valor em R\$ dos custos totais? São classificados em fixos e variáveis?
- 8) Quais itens compõem os custos fixos? Qual o valor em R\$ dos custos fixos?
- 9) Quais itens compõem os custos variáveis? Qual o valor em R\$ dos custos variáveis?
- 10) Há uso de irrigação? Em qual percentual? Quais custos e quais ganhos?
- 11) Qual a taxa de reforma dos pomares?
- 12) Quais os custos para formação do pomar?
- 13) Qual a produtividade ano a ano até o pomar atingir a idade de produção comercial?
- 14) Qual o nível de adensamento para cada variedade em cx/ha?
- 15) Seria conveniente usar o indicador kg/ha de sólidos solúveis?
- 16) Como deveria ser o pagamento pela caixa de laranja?
- 17) Como é controlada a aplicação de agroquímicos?

**18)** Você conhece a tecnologia de agricultura de precisão? Traria ganhos? Quais e quanto em R\$?

**19)** Qual seria um valor interessante em termos de lucro líquido por hectare?

**20)** Você considera laranjas (ou citrus) como bom negócio? Por quê?

**21)** Quais comentários e/ou sugestões você daria que este setor se torne cada vez mais competitivo e transparente em suas relações?

**Todas as informações serão mantidas em caráter confidencial.**

## **APÊNDICE B - Roteiro geral de entrevistas com especialistas em processamento de suco**

### **I - INFORMAÇÕES GERAIS**

- 1) Tempo de atuação na indústria cítrica:
- 2) Áreas de atuação:
- 3) Capacidade de processamento em cx/safra das empresas em que atuou:
- 4) Variedades tipicamente processadas (%)
  - Rubi:
  - Pineapple:
  - Hamlin:
  - Pera-Rio:
  - Valência:
  - Natal:
  - Folha-Murcha:
  - Outras:

### **II- INFORMAÇÕES ESPECÍFICAS**

- 1) Período de safra:
- 2) Seria possível aumentar o período atual de safra? Como?
- 3) Haveria ganhos se o período de safra fosse aumentado? Quais?

- 4) Há diferenças em rendimento e qualidade (suco e subprodutos) entre as variedades? Quais? Quanto?
- 5) Os custos são atribuídos a cada produto/subproduto individualmente usando-se rateio ou são 100% alocados no suco e as receitas com vendas de subprodutos são subtraídas dos mesmos? Quais vantagens e desvantagens de cada um desses métodos?
- 6) Todos os custos são medidos e controlados via ERP? Qual?
- 7) Quais itens compõem custos? Qual o valor em R\$ dos custos totais?
- 8) Quais itens compõem os custos fixos? Qual o valor em R\$ dos custos fixos?
- 9) Quais itens compõem os custos variáveis? Qual o valor em R\$ dos custos variáveis?
- 10) Qual a receita com a venda de subprodutos? Quais os custos com logística interna e externa, terminais no Brasil e exterior e despesas administrativas e comerciais/vendas?
- 11) Você teve acesso ao modelo proposto para o Consecitrus 2012? Quais os aspectos positivos e quais negativos?
- 12) Qual seria a capacidade de processamento em caixas por ano de uma fábrica considerada otimizada? Por quê?
- 13) Você conhece EBIDTA? Qual sua opinião a respeito?
- 14) Seria conveniente usar o indicador kg/ha de sólidos solúveis?
- 15) Como deveria ser o pagamento pela caixa de laranja?

**16)** Você considera laranjas (ou citrus) como bom negócio? Por quê?

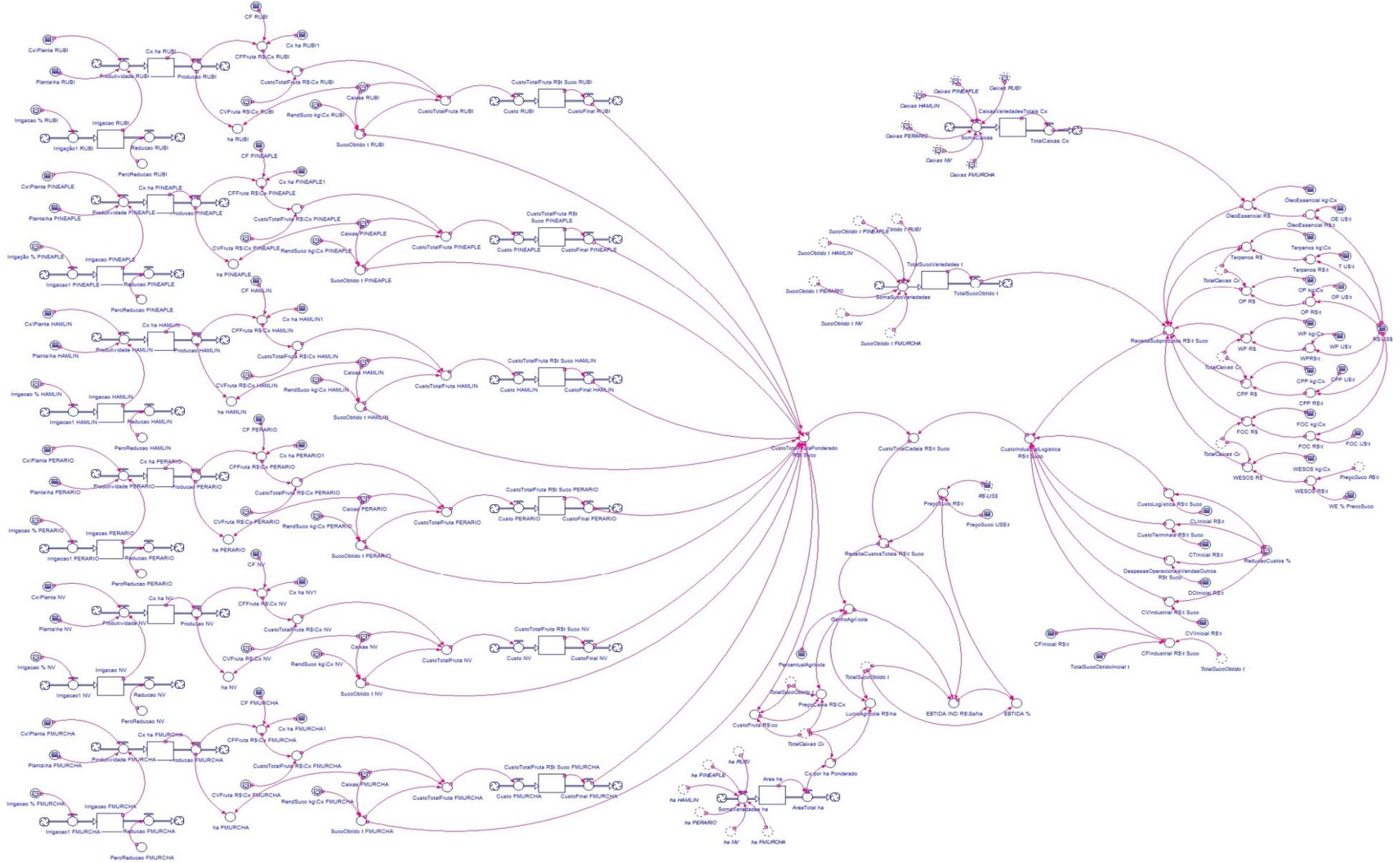
**17)** Qual seria um valor interessante em termos de lucro líquido por hectare?

**18)** Você considera laranjas (ou citrus) como bom negócio? Por quê?

**19)** Quais comentários e/ou sugestões você daria que este setor se torne cada vez mais competitivo e transparente em suas relações?

**Todas as informações serão mantidas em caráter confidencial.**

# APÊNDICE C - Modelo em Dinâmica de Sistemas



## APÊNDICE D - Equações do modelo SD - Cenário “A”

$$\text{Area\_ha}(t) = \text{Area\_ha}(t - dt) + (\text{SomaVariedades\_ha} - \text{AreaTotal\_ha}) * dt$$

$$\text{INIT Area\_ha} = 21651$$

INFLOWS:

$$\text{SomaVariedades\_ha} =$$

$$\text{ha\_FMURCHA} + \text{ha\_HAMLIN} + \text{ha\_NV} + \text{ha\_PERARIO} + \text{ha\_PINEAPPLE} + \text{ha\_RUBI}$$

OUTFLOWS:

$$\text{AreaTotal\_ha} = \text{Area\_ha}$$

$$\text{CaixasVariedadesTotais\_Cx}(t) = \text{CaixasVariedadesTotais\_Cx}(t - dt) + (\text{SomaCaixas} - \text{TotalCaixas\_Cx}) * dt$$

$$\text{INIT CaixasVariedadesTotais\_Cx} = 30.1$$

INFLOWS:

$$\text{SomaCaixas} =$$

$$\text{Caixas\_FMURCHA} + \text{Caixas\_HAMLIN} + \text{Caixas\_NV} + \text{Caixas\_PERARIO} + \text{Caixas\_PINEAPPLE} + \text{Caixas\_RUBI}$$

OUTFLOWS:

$$\text{TotalCaixas\_Cx} = \text{CaixasVariedadesTotais\_Cx}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_FMURCHA}(t) =$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_FMURCHA}(t - dt) + (\text{Custo\_FMURCHA} - \text{CustoFinal\_FMURCHA}) * dt$$

$$\text{INIT CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_FMURCHA} = 2119$$

INFLOWS:

$$\text{Custo\_FMURCHA} = \text{CustoTotalFruta\_FMURCHA}$$

OUTFLOWS:

$$\text{CustoFinal\_FMURCHA} = \text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_FMURCHA}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_HAMLIN}(t) = \text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_HAMLIN}(t - dt) + (\text{Custo\_HAMLIN} - \text{CustoFinal\_HAMLIN}) * dt$$

$$\text{INIT CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_HAMLIN} = 2119$$

INFLOWS:

$$\text{Custo\_HAMLIN} = \text{CustoTotalFruta\_HAMLIN}$$

OUTFLOWS:

$$\text{CustoFinal\_HAMLIN} = \text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_HAMLIN}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_NV}(t) = \text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_NV}(t - dt) + (\text{Custo\_NV} - \text{CustoFinal\_NV}) * dt$$

$$\text{INIT CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_NV} = 2119$$

INFLOWS:

$$\text{Custo\_NV} = \text{CustoTotalFruta\_NV}$$

OUTFLOWS:

$$\text{CustoFinal\_NV} = \text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_NV}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_PERARIO}(t) = \text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_PERARIO}(t - dt) + (\text{Custo\_PERARIO} - \text{CustoFinal\_PERARIO}) * dt$$

$$\text{INIT CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_PERARIO} = 2119$$

INFLOWS:

$$\text{Custo\_PERARIO} = \text{CustoTotalFruta\_PERARIO}$$

OUTFLOWS:

$$\text{CustoFinal\_PERARIO} = \text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_PERARIO}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_PINEAPPLE}(t) =$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_PINEAPPLE}(t - dt) + (\text{Custo\_PINEAPPLE} - \text{CustoFinal\_PINEAPPLE}) * dt$$

$$\text{INIT CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_PINEAPPLE} = 2119$$

INFLOWS:

$$\text{Custo\_PINEAPPLE} = \text{CustoTotalFruta\_PINEAPPLE}$$

OUTFLOWS:

$$\text{CustoFinal\_PINEAPPLE} = \text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_PINEAPPLE}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_RUBI}(t) = \text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_RUBI}(t - dt) + (\text{Custo\_RUBI} - \text{CustoFinal\_RUBI}) * dt$$

$$\text{INIT CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_RUBI} = 2119$$

INFLOWS:

$$\text{Custo\_RUBI} = \text{CustoTotalFruta\_RUBI}$$

OUTFLOWS:

$$\text{CustoFinal\_RUBI} = \text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_RUBI}$$

$$\text{Cx\_ha\_FMURCHA}(t) = \text{Cx\_ha\_FMURCHA}(t - dt) + (\text{Produtividade\_FMURCHA} - \text{Producao\_FMURCHA}) * dt$$

INIT Cx\_ha\_FMURCHA = 1361

INFLOWS:

Produtividade\_FMURCHA = (Cx\Planta\_FMURCHA\*Planta\ha\_FMURCHA)\*  
((Irrigacao\_FMURCHA/100)\*0.25)+1)

OUTFLOWS:

Producao\_FMURCHA = Cx\_ha\_FMURCHA

Cx\_ha\_HAMLIN(t) = Cx\_ha\_HAMLIN(t - dt) + (Produtividade\_HAMLIN -  
Producao\_HAMLIN) \* dt

INIT Cx\_ha\_HAMLIN = 1713

INFLOWS:

Produtividade\_HAMLIN = (Cx\Planta\_HAMLIN\*Planta\ha\_HAMLIN)\*  
((Irrigacao\_HAMLIN/100)\*0.25)+1)

OUTFLOWS:

Producao\_HAMLIN = Cx\_ha\_HAMLIN

Cx\_ha\_NV(t) = Cx\_ha\_NV(t - dt) + (Produtividade\_NV - Producao\_NV) \* dt

INIT Cx\_ha\_NV = 1361

INFLOWS:

Produtividade\_NV = (Cx\Planta\_NV\*Planta\ha\_NV)\* ((Irrigacao\_NV/100)\*0.25)+1)

OUTFLOWS:

Producao\_NV = Cx\_ha\_NV

Cx\_ha\_PERARIO(t) = Cx\_ha\_PERARIO(t - dt) + (Produtividade\_PERARIO -  
Producao\_PERARIO) \* dt

INIT Cx\_ha\_PERARIO = 1132

INFLOWS:

Produtividade\_PERARIO = (Cx\Planta\_PERARIO\*Planta\ha\_PERARIO)\*  
((Irrigacao\_PERARIO/100)\*0.25)+1)

OUTFLOWS:

Producao\_PERARIO = Cx\_ha\_PERARIO

Cx\_ha\_PINEAPPLE(t) = Cx\_ha\_PINEAPPLE(t - dt) + (Produtividade\_PINEAPPLE -  
Producao\_PINEAPPLE) \* dt

INIT Cx\_ha\_PINEAPPLE = 1501

INFLOWS:

Produtividade\_PINEAPPLE = (Cx\Planta\_PINEAPPLE\*Planta\ha\_PINEAPPLE)\*  
 ((Irrigacao\_PINEAPPLE/100)\*0.25)+1)

OUTFLOWS:

Producao\_PINEAPPLE = Cx\_ha\_PINEAPPLE

Cx\_ha\_RUBI(t) = Cx\_ha\_RUBI(t - dt) + (Produtividade\_RUBI - Producao\_RUBI) \* dt

INIT Cx\_ha\_RUBI = 1501

INFLOWS:

Produtividade\_RUBI = (Cx\Planta\_RUBI\*Planta\ha\_RUBI)\*  
 ((Irrigacao\_RUBI/100)\*0.25)+1)

OUTFLOWS:

Producao\_RUBI = Cx\_ha\_RUBI

Irrigacao\_FMURCHA(t) = Irrigacao\_FMURCHA(t - dt) + (Irrigacao1\_FMURCHA -  
 Reducao\_FMURCHA) \* dt

INIT Irrigacao\_FMURCHA = 14

INFLOWS:

Irrigacao1\_FMURCHA = Irrigacao\_%\_FMURCHA

OUTFLOWS:

Reducao\_FMURCHA = PercReducao\_FMURCHA

Irrigacao\_HAMLIN(t) = Irrigacao\_HAMLIN(t - dt) + (Irrigacao1\_HAMLIN -  
 Reducao\_HAMLIN) \* dt

INIT Irrigacao\_HAMLIN = 14

INFLOWS:

Irrigacao1\_HAMLIN = Irrigacao\_%\_HAMLIN

OUTFLOWS:

Reducao\_HAMLIN = PercReducao\_HAMLIN

Irrigacao\_NV(t) = Irrigacao\_NV(t - dt) + (Irrigacao1\_NV - Reducao\_NV) \* dt

INIT Irrigacao\_NV = 14

INFLOWS:

Irrigacao1\_NV = Irrigacao\_%\_NV

OUTFLOWS:

Reducao\_NV = PercReducao\_NV

Irrigacao\_PERARIO(t) = Irrigacao\_PERARIO(t - dt) + (Irrigacao1\_PERARIO -  
 Reducao\_PERARIO) \* dt

INIT Irrigacao\_PERARIO = 14

INFLOWS:

Irrigacao1\_PERARIO = Irrigacao\_%\_PERARIO

OUTFLOWS:

Reducao\_PERARIO = PercReducao\_PERARIO

Irrigacao\_PINEAPPLE(t) = Irrigacao\_PINEAPPLE(t - dt) + (Irrigacao1\_PINEAPPLE - Reducao\_PINEAPPLE) \* dt

INIT Irrigacao\_PINEAPPLE = 14

INFLOWS:

Irrigacao1\_PINEAPPLE = Irrigação\_%\_PINEAPPLE

OUTFLOWS:

Reducao\_PINEAPPLE = PercReducao\_PINEAPPLE

Irrigacao\_RUBI(t) = Irrigacao\_RUBI(t - dt) + (Irrigação1\_RUBI - Reducao\_RUBI) \* dt

INIT Irrigacao\_RUBI = 14

INFLOWS:

Irrigação1\_RUBI = Irrigacao\_%\_RUBI

OUTFLOWS:

Reducao\_RUBI = PercReducao\_RUBI

TotalSucoVariedades\_t(t) = TotalSucoVariedades\_t(t - dt) + (SomaSucoVariedades - TotalSucoObtido\_t) \* dt

INIT TotalSucoVariedades\_t = 127525.3

INFLOWS:

SomaSucoVariedades =

SucoObtido\_t\_FMURCHA+SucoObtido\_t\_HAMLIN+SucoObtido\_t\_NV+SucoObtido\_t\_PERARIO+SucoObtido\_t\_PINEAPPLE+SucoObtido\_t\_RUBI

OUTFLOWS:

TotalSucoObtido\_t = TotalSucoVariedades\_t

CFFruta\_R\Cx\_FMURCHA = (Cx\_ha\_FMURCHA1/Producao\_FMURCHA)

\*CF\_FMURCHA

CFFruta\_R\Cx\_HAMLIN = (Cx\_ha\_HAMLIN1/Producao\_HAMLIN) \*CF\_HAMLIN

CFFruta\_R\Cx\_NV = (Cx\_ha\_NV1/Producao\_NV) \*CF\_NV

CFFruta\_R\Cx\_PERARIO = (Cx\_ha\_PERARIO1/Producao\_PERARIO)

\*CF\_PERARIO

$$CFFruta\_R\$ \backslash Cx\_PINEAPPLE = (Cx\_ha\_PINEAPPLE1 / Producao\_PINEAPPLE) * CF\_PINEAPPLE$$

$$CFFruta\_R\$ \backslash Cx\_RUBI = (Cx\_ha\_RUBI1 / Producao\_RUBI) * CF\_RUBI$$

$$CFIndustrial\_R\$ \backslash t\_Suco =$$

$$CFInicial\_R\$ \backslash t * TotalSucoObtidoInicial\_t / TotalSucoObtido\_t$$

$$CFInicial\_R\$ \backslash t = 200$$

$$CF\_FMURCHA = 5.55$$

$$CF\_HAMLIN = 5.55$$

$$CF\_NV = 5.55$$

$$CF\_PERARIO = 5.55$$

$$CF\_PINEAPPLE = 5.55$$

$$CF\_RUBI = 5.55$$

$$CLInicial\_R\$ \backslash t = 359$$

$$CPP\_kg \backslash Cx = 4.660$$

$$CPP\_R\$ = 1000 * TotalCaixas\_Cx * CPP\_kg \backslash Cx * CPP\_R\$ \backslash t$$

$$CPP\_R\$ \backslash t = CPP\_U\$ \backslash t * R\$ \backslash US\$$$

$$CPP\_U\$ \backslash t = 150$$

$$CTInicial\_R\$ \backslash t = 53$$

$$CustoFruta\_R\$ \backslash cx =$$

$$CustoTotalFrutaPonderado\_R\$ \backslash t\_Suco * TotalSucoObtido\_t / (TotalCaixas\_Cx * 1000000)$$

$$)$$

$$CustoIndustrialLogistica\_R\$ \backslash t\_Suco =$$

$$CFIndustrial\_R\$ \backslash t\_Suco + CustoLogística\_R\$ \backslash t\_Suco + CustoTerminais\_R\$ \backslash t\_Suco + C$$

$$VIndustrial\_R\$ \backslash t\_Suco + DespesasOperacionaisVendasOutros\_R\$ \backslash t\_Suco -$$

$$ReceitaSubprodutos\_R\$ \backslash t\_Suco$$

$$CustoLogística\_R\$ \backslash t\_Suco = CLInicial\_R\$ \backslash t - CLInicial\_R\$ \backslash t * ReducaoCustos\_ \% / 100$$

$$CustoTerminais\_R\$ \backslash t\_Suco = CTInicial\_R\$ \backslash t - CTInicial\_R\$ \backslash t * ReducaoCustos\_ \% / 100$$

$$CustoTotalCadeia\_R\$ \backslash t\_Suco =$$

$$CustoIndustrialLogistica\_R\$ \backslash t\_Suco + CustoTotalFrutaPonderado\_R\$ \backslash t\_Suco$$

$$CustoTotalFrutaPonderado\_R\$ \backslash t\_Suco =$$

$$(CustoFinal\_RUBI * SucoObtido\_t\_RUBI + CustoFinal\_PINEAPPLE * SucoObtido\_t\_PINE$$

$$APPLE + CustoFinal\_HAMLIN * SucoObtido\_t\_HAMLIN + CustoFinal\_PERARIO * SucoObt$$

$$ido\_t\_PERARIO + CustoFinal\_NV * SucoObtido\_t\_NV + CustoFinal\_FMURCHA * SucoO$$

$$\text{btido\_t\_FMURCHA})/(\text{SucoObtido\_t\_RUBI}+\text{SucoObtido\_t\_PINEAPPLE}+\text{SucoObtido\_t\_HAMLIN}+\text{SucoObtido\_t\_PERARIO}+\text{SucoObtido\_t\_NV}+\text{SucoObtido\_t\_FMURCHA})$$

$$\text{CustoTotalFruta\_FMURCHA} =$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R}\$ \text{Cx\_FMURCHA} * \text{Caixas\_FMURCHA} * 1000000 / \text{SucoObtido\_t\_FMURCHA}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_HAMLIN} =$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R}\$ \text{Cx\_HAMLIN} * \text{Caixas\_HAMLIN} * 1000000 / \text{SucoObtido\_t\_HAMLIN}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_NV} =$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R}\$ \text{Cx\_NV} * \text{Caixas\_NV} * 1000000 / \text{SucoObtido\_t\_NV}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_PERARIO} =$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R}\$ \text{Cx\_PERARIO} * \text{Caixas\_PERARIO} * 1000000 / \text{SucoObtido\_t\_PERARIO}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_PINEAPPLE} =$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R}\$ \text{Cx\_PINEAPPLE} * \text{Caixas\_PINEAPPLE} * 1000000 / \text{SucoObtido\_t\_PINEAPPLE}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R}\$ \text{Cx\_FMURCHA} =$$

$$\text{CVFruta\_R}\$ \text{Cx\_FMURCHA} + \text{CFFruta\_R}\$ \text{Cx\_FMURCHA}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R}\$ \text{Cx\_HAMLIN} =$$

$$\text{CVFruta\_R}\$ \text{Cx\_HAMLIN} + \text{CFFruta\_R}\$ \text{Cx\_HAMLIN}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R}\$ \text{Cx\_NV} = \text{CVFruta\_R}\$ \text{Cx\_NV} + \text{CFFruta\_R}\$ \text{Cx\_NV}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R}\$ \text{Cx\_PERARIO} =$$

$$\text{CVFruta\_R}\$ \text{Cx\_PERARIO} + \text{CFFruta\_R}\$ \text{Cx\_PERARIO}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R}\$ \text{Cx\_PINEAPPLE} =$$

$$\text{CVFruta\_R}\$ \text{Cx\_PINEAPPLE} + \text{CFFruta\_R}\$ \text{Cx\_PINEAPPLE}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R}\$ \text{Cx\_RUBI} = \text{CVFruta\_R}\$ \text{Cx\_RUBI} + \text{CFFruta\_R}\$ \text{Cx\_RUBI}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_RUBI} =$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R}\$ \text{Cx\_RUBI} * \text{Caixas\_RUBI} * 1000000 / \text{SucoObtido\_t\_RUBI}$$

$$\text{CVIInicial\_R}\$ \text{t} = 293$$

$$\text{CVIndustrial\_R}\$ \text{t\_Suco} = \text{CVIInicial\_R}\$ \text{t} - \text{CVIInicial\_R}\$ \text{t} * \text{ReducaoCustos\_} \% / 100$$

$$\text{Cx}\backslash \text{Planta\_FMURCHA} = 2.2$$

$$\text{Cx}\backslash \text{Planta\_HAMLIN} = 3$$

$$\text{Cx}\backslash \text{Planta\_NV} = 2.2$$

$$\text{Cx}\backslash \text{Planta\_PERARIO} = 1.8$$

Cx\Planta\_PINEAPPLE = 2.6

Cx\Planta\_RUBI = 2.6

Cx\_ha\_FMURCHA1 = 1361

Cx\_ha\_HAMLIN1 = 1713

Cx\_ha\_NV1 = 1361

Cx\_ha\_PERARIO1 = 1132

Cx\_ha\_PINEAPPLE1 = 1501

Cx\_ha\_RUBI1 = 1501

Cx\_por\_ha\_Ponderado = TotalCaixas\_Cx\*1000000/AreaTotal\_ha

DespesasOperacionaisVendasOutros\_R\$t\_Suco = DOInicial\_R\$t-

DOInicial\_R\$t\*ReducaoCustos\_%/100

DOInicial\_R\$t = 208

EBITDA\_% = 100\*EBITDA\_IND\_R\$\Safr/(PreçoSuco\_R\$t\*TotalSucoObtido\_t)

EBITDA\_IND\_R\$\Safr = (ReceitaCustosTotais\_R\$t\_Suco-

GanhoAgrícola)\*TotalSucoObtido\_t

FOC\_kg\Cx = 0.177

FOC\_R\$ = 1000\*TotalCaixas\_Cx\*FOC\_kg\Cx\*FOC\_R\$t

FOC\_R\$t = FOC\_U\$t\*R\$\US\$

FOC\_U\$t = 800

GanhoAgrícola = ReceitaCustosTotais\_R\$t\_Suco\*PercentualAgricola/100

ha\_FMURCHA = Caixas\_FMURCHA\*1000000/Producao\_FMURCHA

ha\_HAMLIN = Caixas\_HAMLIN\*1000000/Producao\_HAMLIN

ha\_NV = Caixas\_NV\*1000000/Producao\_NV

ha\_PERARIO = Caixas\_PERARIO\*1000000/Producao\_PERARIO

ha\_PINEAPPLE = Caixas\_PINEAPPLE\*1000000/Producao\_PINEAPPLE

ha\_RUBI = Caixas\_RUBI\*1000000/Producao\_RUBI

LucroAgricola\_R\$\ha =

(Cx\_por\_ha\_Ponderado\*GanhoAgrícola\*TotalSucoObtido\_t)/(TotalCaixas\_Cx\*1000000)

OE\_U\$t = 1300

ÓleoEssencial\_kg\Cx = 0.136

ÓleoEssencial\_R\$ =

1000\*TotalCaixas\_Cx\*ÓleoEssencial\_kg\Cx\*ÓleoEssencial\_R\$t

$\text{ÓleoEssencial\_R\$t} = \text{OE\_U\$t} * \text{R\$US\$}$   
 $\text{OP\_kg\Cx} = 0.010$   
 $\text{OP\_R\$} = 1000 * \text{TotalCaixas\_Cx} * \text{OP\_kg\Cx} * \text{OP\_R\$t}$   
 $\text{OP\_R\$t} = \text{OP\_U\$t} * \text{R\$US\$}$   
 $\text{OP\_U\$t} = 5000$   
 $\text{PercentualAgricola} = 30$   
 $\text{PercReducao\_FMURCHA} = 0$   
 $\text{PercReducao\_HAMLIN} = 0$   
 $\text{PercReducao\_NV} = 0$   
 $\text{PercReducao\_PERARIO} = 0$   
 $\text{PercReducao\_PINEAPPLE} = 0$   
 $\text{PercReducao\_RUBI} = 0$   
 $\text{Planta\ha\_FMURCHA} = 615$   
 $\text{Planta\ha\_HAMLIN} = 571$   
 $\text{Planta\ha\_NV} = 615$   
 $\text{Planta\ha\_PERARIO} = 615$   
 $\text{Planta\ha\_PINEAPPLE} = 571$   
 $\text{Planta\ha\_RUBI} = 571$   
 $\text{PreçoCaixa\_R\$Cx} =$   
 $(\text{GanhoAgrícola} * \text{TotalSucoObtido\_t} / (\text{TotalCaixas\_Cx} * 1000000)) + \text{CustoFruta\_R\$cx}$   
 $\text{PreçoSuco\_R\$t} = \text{PreçoSuco\_US\$t} * \text{R\$US\$}$   
 $\text{PreçoSuco\_US\$t} = 1800$   
 $\text{R\$US\$} = 2$   
 $\text{ReceitaCustosTotais\_R\$t\_Suco} = \text{PreçoSuco\_R\$t} - \text{CustoTotalCadeia\_R\$t\_Suco}$   
 $\text{ReceitaSubprodutos\_R\$t\_Suco} =$   
 $(\text{CPP\_R\$} + \text{FOC\_R\$} + \text{ÓleoEssencial\_R\$} + \text{OP\_R\$} + \text{Terpenos\_R\$} + \text{WESOS\_R\$} + \text{WP\_R\$}) / \text{TotalSucoObtido\_t}$   
 $\text{SucoObtido\_t\_FMURCHA} = \text{Caixas\_FMURCHA} * \text{RendSuco\_kg\Cx\_FMURCHA} * 1000$   
 $\text{SucoObtido\_t\_HAMLIN} = \text{Caixas\_HAMLIN} * \text{RendSuco\_kg\Cx\_HAMLIN} * 1000$   
 $\text{SucoObtido\_t\_NV} = \text{Caixas\_NV} * \text{RendSuco\_kg\Cx\_NV} * 1000$   
 $\text{SucoObtido\_t\_PERARIO} = \text{Caixas\_PERARIO} * \text{RendSuco\_kg\Cx\_PERARIO} * 1000$   
 $\text{SucoObtido\_t\_PINEAPPLE} = \text{Caixas\_PINEAPPLE} * \text{RendSuco\_kg\Cx\_PINEAPPLE} * 1000$   
 $\text{SucoObtido\_t\_RUBI} = \text{Caixas\_RUBI} * \text{RendSuco\_kg\Cx\_RUBI} * 1000$

Terpenos\_kg\Cx = 0.100

Terpenos\_R\$ = 1000\*TotalCaixas\_Cx\*Terpenos\_kg\Cx\*Terpenos\_R\$\t

Terpenos\_R\$\t = T\_U\$\t\*R\$\US\$

TotalSucoObtidoInicial\_t = 127114

T\_U\$\t = 1300

WESOS\_kg\Cx = 0.240

WESOS\_R\$ = 1000\*TotalCaixas\_Cx\*WESOS\_kg\Cx\*WESOS\_R\$\t

WESOS\_R\$\t = WE\_%\_PrecoSuco\*PreçoSuco\_R\$\t

WE\_%\_PrecoSuco = .5

WPR\$\t = WP\_U\$\t\*R\$\US\$

WP\_kg\Cx = 0.030

WP\_R\$ = 1000\*TotalCaixas\_Cx\*WPR\$\t\*WP\_kg\Cx

WP\_U\$\t = 1000

Caixas\_FMURCHA = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.6), (2.00, 0.6), (3.00, 0.6), (4.00, 0.6), (5.00, 1.00), (6.00, 3.50), (7.00, 4.50),  
(8.00, 5.00), (9.00, 6.20), (10.0, 6.20), (11.0, 6.20), (12.0, 6.20), (13.0, 6.20)

Caixas\_HAMLIN = GRAPH(TIME)

(1.00, 5.70), (2.00, 5.70), (3.00, 5.70), (4.00, 5.70), (5.00, 5.00), (6.00, 5.00), (7.00,  
5.20), (8.00, 5.90), (9.00, 7.20), (10.0, 7.20), (11.0, 7.20), (12.0, 7.20), (13.0, 7.20)

Caixas\_NV = GRAPH(TIME)

(1.00, 15.0), (2.00, 15.0), (3.00, 15.0), (4.00, 15.0), (5.00, 14.5), (6.00, 14.6), (7.00,  
13.7), (8.00, 14.9), (9.00, 11.3), (10.0, 11.3), (11.0, 11.3), (12.0, 11.3), (13.0, 11.3)

Caixas\_PERARIO = GRAPH(TIME)

(1.00, 8.40), (2.00, 8.40), (3.00, 8.40), (4.00, 8.40), (5.00, 8.50), (6.00, 8.80), (7.00,  
8.80), (8.00, 8.80), (9.00, 10.8), (10.0, 10.8), (11.0, 10.8), (12.0, 10.8), (13.0, 10.8)

Caixas\_PINEAPPLE = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.2), (2.00, 0.2), (3.00, 0.2), (4.00, 0.2), (5.00, 2.00), (6.00, 3.00), (7.00, 6.10),  
(8.00, 7.40), (9.00, 9.10), (10.0, 9.10), (11.0, 9.10), (12.0, 9.10), (13.0, 9.10)

Caixas\_RUBI = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.2), (2.00, 0.2), (3.00, 0.2), (4.00, 0.2), (5.00, 1.00), (6.00, 1.50), (7.00, 2.00),  
(8.00, 2.50), (9.00, 3.40), (10.0, 3.40), (11.0, 3.40), (12.0, 3.40), (13.0, 3.40)

CVFruta\_R\$\Cx\_FMURCHA = GRAPH(TIME)

(1.00, 4.85), (2.00, 4.85), (3.00, 4.85), (4.00, 4.85), (5.00, 4.85), (6.00, 4.85), (7.00, 4.80), (8.00, 4.70), (9.00, 4.70), (10.0, 4.70), (11.0, 4.70), (12.0, 4.70), (13.0, 4.70)

CVFruta\_R\Cx\_HAMLIN = GRAPH(TIME)

(1.00, 4.85), (2.00, 4.85), (3.00, 4.85), (4.00, 4.85), (5.00, 4.85), (6.00, 4.85), (7.00, 4.80), (8.00, 4.70), (9.00, 4.70), (10.0, 4.70), (11.0, 4.70), (12.0, 4.70), (13.0, 4.70)

CVFruta\_R\Cx\_NV = GRAPH(TIME)

(1.00, 4.85), (2.00, 4.85), (3.00, 4.85), (4.00, 4.85), (5.00, 4.85), (6.00, 4.85), (7.00, 4.80), (8.00, 4.70), (9.00, 4.70), (10.0, 4.70), (11.0, 4.70), (12.0, 4.70), (13.0, 4.70)

CVFruta\_R\Cx\_PERARIO = GRAPH(TIME)

(1.00, 4.85), (2.00, 4.85), (3.00, 4.85), (4.00, 4.85), (5.00, 4.85), (6.00, 4.85), (7.00, 4.80), (8.00, 4.70), (9.00, 4.70), (10.0, 4.70), (11.0, 4.70), (12.0, 4.70), (13.0, 4.70)

CVFruta\_R\Cx\_PINEAPPLE = GRAPH(TIME)

(1.00, 4.85), (2.00, 4.85), (3.00, 4.85), (4.00, 4.85), (5.00, 4.85), (6.00, 4.85), (7.00, 4.80), (8.00, 4.70), (9.00, 4.70), (10.0, 4.70), (11.0, 4.70), (12.0, 4.70), (13.0, 4.70)

CVFruta\_R\Cx\_RUBI = GRAPH(TIME)

(1.00, 4.85), (2.00, 4.85), (3.00, 4.85), (4.00, 4.85), (5.00, 4.85), (6.00, 4.85), (7.00, 4.80), (8.00, 4.70), (9.00, 4.70), (10.0, 4.70), (11.0, 4.70), (12.0, 4.70), (13.0, 4.70)

Irrigacao\_%\_FMURCHA = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.00), (2.00, 0.00), (3.00, 0.00), (4.00, 16.0), (5.00, 10.0), (6.00, 10.0), (7.00, 10.0), (8.00, 10.0), (9.00, 0.00), (10.0, 0.00), (11.0, 0.00), (12.0, 0.00), (13.0, 0.00)

Irrigacao\_%\_HAMLIN = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.00), (2.00, 0.00), (3.00, 0.00), (4.00, 16.0), (5.00, 10.0), (6.00, 10.0), (7.00, 10.0), (8.00, 10.0), (9.00, 0.00), (10.0, 0.00), (11.0, 0.00), (12.0, 0.00), (13.0, 0.00)

Irrigacao\_%\_NV = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.00), (2.00, 0.00), (3.00, 0.00), (4.00, 16.0), (5.00, 10.0), (6.00, 10.0), (7.00, 10.0), (8.00, 10.0), (9.00, 0.00), (10.0, 0.00), (11.0, 0.00), (12.0, 0.00), (13.0, 0.00)

Irrigacao\_%\_PERARIO = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.00), (2.00, 0.00), (3.00, 0.00), (4.00, 16.0), (5.00, 10.0), (6.00, 10.0), (7.00, 10.0), (8.00, 10.0), (9.00, 0.00), (10.0, 0.00), (11.0, 0.00), (12.0, 0.00), (13.0, 0.00)

Irrigação\_%\_PINEAPPLE = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.00), (2.00, 0.00), (3.00, 0.00), (4.00, 16.0), (5.00, 10.0), (6.00, 10.0), (7.00, 10.0), (8.00, 10.0), (9.00, 0.00), (10.0, 0.00), (11.0, 0.00), (12.0, 0.00), (13.0, 0.00)

Irrigacao\_%\_RUBI = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.00), (2.00, 0.00), (3.00, 0.00), (4.00, 16.0), (5.00, 10.0), (6.00, 10.0), (7.00, 10.0), (8.00, 10.0), (9.00, 0.00), (10.0, 0.00), (11.0, 0.00), (12.0, 0.00), (13.0, 0.00)

ReducaoCustos\_% = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.00), (2.00, 0.00), (3.00, 0.00), (4.00, 0.00), (5.00, 0.2), (6.00, 0.5), (7.00, 1.00), (8.00, 3.00), (9.00, 5.00), (10.0, 5.00), (11.0, 5.00), (12.0, 5.00), (13.0, 5.00)

RendSuco\_kg\Cx\_FMURCHA = GRAPH(TIME)

(1.00, 3.92), (2.00, 3.92), (3.00, 3.92), (4.00, 3.92), (5.00, 3.92), (6.00, 3.94), (7.00, 3.99), (8.00, 4.07), (9.00, 4.09), (10.0, 4.09), (11.0, 4.09), (12.0, 4.09), (13.0, 4.09)

RendSuco\_kg\Cx\_HAMLIN = GRAPH(TIME)

(1.00, 4.04), (2.00, 4.04), (3.00, 4.04), (4.00, 4.04), (5.00, 4.08), (6.00, 4.08), (7.00, 4.17), (8.00, 4.19), (9.00, 4.21), (10.0, 4.21), (11.0, 4.21), (12.0, 4.21), (13.0, 4.21)

RendSuco\_kg\Cx\_NV = GRAPH(TIME)

(1.00, 4.26), (2.00, 4.26), (3.00, 4.26), (4.00, 4.26), (5.00, 4.29), (6.00, 4.30), (7.00, 4.33), (8.00, 4.33), (9.00, 4.38), (10.0, 4.38), (11.0, 4.38), (12.0, 4.38), (13.0, 4.38)

RendSuco\_kg\Cx\_PERARIO = GRAPH(TIME)

(1.00, 4.34), (2.00, 4.34), (3.00, 4.34), (4.00, 4.34), (5.00, 4.34), (6.00, 4.34), (7.00, 4.35), (8.00, 4.35), (9.00, 4.40), (10.0, 4.40), (11.0, 4.40), (12.0, 4.40), (13.0, 4.40)

RendSuco\_kg\Cx\_PINEAPPLE = GRAPH(TIME)

(1.00, 4.20), (2.00, 4.20), (3.00, 4.20), (4.00, 4.20), (5.00, 4.19), (6.00, 4.21), (7.00, 4.21), (8.00, 4.21), (9.00, 4.20), (10.0, 4.20), (11.0, 4.20), (12.0, 4.20), (13.0, 4.20)

RendSuco\_kg\Cx\_RUBI = GRAPH(TIME)

(1.00, 4.17), (2.00, 4.17), (3.00, 4.17), (4.00, 4.17), (5.00, 4.17), (6.00, 4.12), (7.00, 4.13), (8.00, 4.11), (9.00, 4.09), (10.0, 4.09), (11.0, 4.09), (12.0, 4.09), (13.0, 4.09)

## APÊNDICE E - Equações do modelo SD - Cenário

### “B”

$$\text{Area\_ha}(t) = \text{Area\_ha}(t - dt) + (\text{SomaVariedades\_ha} - \text{AreaTotal\_ha}) * dt$$

$$\text{INIT Area\_ha} = 21651$$

INFLOWS:

$$\text{SomaVariedades\_ha} =$$

$$\text{ha\_FMURCHA} + \text{ha\_HAMLIN} + \text{ha\_NV} + \text{ha\_PERARIO} + \text{ha\_PINEAPPLE} + \text{ha\_RUBI}$$

OUTFLOWS:

$$\text{AreaTotal\_ha} = \text{Area\_ha}$$

$$\text{CaixasVariedadesTotais\_Cx}(t) = \text{CaixasVariedadesTotais\_Cx}(t - dt) + (\text{SomaCaixas} - \text{TotalCaixas\_Cx}) * dt$$

$$\text{INIT CaixasVariedadesTotais\_Cx} = 30.1$$

INFLOWS:

$$\text{SomaCaixas} =$$

$$\text{Caixas\_FMURCHA} + \text{Caixas\_HAMLIN} + \text{Caixas\_NV} + \text{Caixas\_PERARIO} + \text{Caixas\_PINEAPPLE} + \text{Caixas\_RUBI}$$

OUTFLOWS:

$$\text{TotalCaixas\_Cx} = \text{CaixasVariedadesTotais\_Cx}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_FMURCHA}(t) =$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_FMURCHA}(t - dt) + (\text{Custo\_FMURCHA} - \text{CustoFinal\_FMURCHA}) * dt$$

$$\text{INIT CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_FMURCHA} = 2119$$

INFLOWS:

$$\text{Custo\_FMURCHA} = \text{CustoTotalFruta\_FMURCHA}$$

OUTFLOWS:

$$\text{CustoFinal\_FMURCHA} = \text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_FMURCHA}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_HAMLIN}(t) = \text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_HAMLIN}(t - dt) + (\text{Custo\_HAMLIN} - \text{CustoFinal\_HAMLIN}) * dt$$

$$\text{INIT CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_HAMLIN} = 2119$$

INFLOWS:

Custo\_HAMLIN = CustoTotalFruta\_HAMLIN

OUTFLOWS:

CustoFinal\_HAMLIN = CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_HAMLIN

CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_NV(t) = CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_NV(t - dt) +  
(Custo\_NV - CustoFinal\_NV) \* dt

INIT CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_NV = 2119

INFLOWS:

Custo\_NV = CustoTotalFruta\_NV

OUTFLOWS:

CustoFinal\_NV = CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_NV

CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_PERARIO(t) = CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_PERARIO(t -  
dt) + (Custo\_PERARIO - CustoFinal\_PERARIO) \* dt

INIT CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_PERARIO = 2119

INFLOWS:

Custo\_PERARIO = CustoTotalFruta\_PERARIO

OUTFLOWS:

CustoFinal\_PERARIO = CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_PERARIO

CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_PINEAPPLE(t) =  
CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_PINEAPPLE(t - dt) + (Custo\_PINEAPPLE -  
CustoFinal\_PINEAPPLE) \* dt

INIT CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_PINEAPPLE = 2119

INFLOWS:

Custo\_PINEAPPLE = CustoTotalFruta\_PINEAPPLE

OUTFLOWS:

CustoFinal\_PINEAPPLE = CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_PINEAPPLE

CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_RUBI(t) = CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_RUBI(t - dt) +  
(Custo\_RUBI - CustoFinal\_RUBI) \* dt

INIT CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_RUBI = 2119

INFLOWS:

Custo\_RUBI = CustoTotalFruta\_RUBI

OUTFLOWS:

CustoFinal\_RUBI = CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_RUBI

$Cx\_ha\_FMURCHA(t) = Cx\_ha\_FMURCHA(t - dt) + (Produtividade\_FMURCHA - Producao\_FMURCHA) * dt$

INIT  $Cx\_ha\_FMURCHA = 1361$

INFLOWS:

$Produtividade\_FMURCHA = (Cx\Planta\_FMURCHA*Planta\ha\_FMURCHA)*((Irrigacao\_FMURCHA/100)*0.25)+1)$

OUTFLOWS:

$Producao\_FMURCHA = Cx\_ha\_FMURCHA$

$Cx\_ha\_HAMLIN(t) = Cx\_ha\_HAMLIN(t - dt) + (Produtividade\_HAMLIN - Producao\_HAMLIN) * dt$

INIT  $Cx\_ha\_HAMLIN = 1713$

INFLOWS:

$Produtividade\_HAMLIN = (Cx\Planta\_HAMLIN*Planta\ha\_HAMLIN)*((Irrigacao\_HAMLIN/100)*0.25)+1)$

OUTFLOWS:

$Producao\_HAMLIN = Cx\_ha\_HAMLIN$

$Cx\_ha\_NV(t) = Cx\_ha\_NV(t - dt) + (Produtividade\_NV - Producao\_NV) * dt$

INIT  $Cx\_ha\_NV = 1361$

INFLOWS:

$Produtividade\_NV = (Cx\Planta\_NV*Planta\ha\_NV)*((Irrigacao\_NV/100)*0.25)+1)$

OUTFLOWS:

$Producao\_NV = Cx\_ha\_NV$

$Cx\_ha\_PERARIO(t) = Cx\_ha\_PERARIO(t - dt) + (Produtividade\_PERARIO - Producao\_PERARIO) * dt$

INIT  $Cx\_ha\_PERARIO = 1132$

INFLOWS:

$Produtividade\_PERARIO = (Cx\Planta\_PERARIO*Planta\ha\_PERARIO)*((Irrigacao\_PERARIO/100)*0.25)+1)$

OUTFLOWS:

$Producao\_PERARIO = Cx\_ha\_PERARIO$

$Cx\_ha\_PINEAPPLE(t) = Cx\_ha\_PINEAPPLE(t - dt) + (Produtividade\_PINEAPPLE - Producao\_PINEAPPLE) * dt$

INIT  $Cx\_ha\_PINEAPPLE = 1501$

INFLOWS:

$$\text{Produtividade\_PINEAPPLE} = (\text{Cx}\backslash\text{Planta\_PINEAPPLE} * \text{Planta}\backslash\text{ha\_PINEAPPLE}) * ((\text{Irrigacao\_PINEAPPLE}/100) * 0.25) + 1$$

OUTFLOWS:

$$\text{Producao\_PINEAPPLE} = \text{Cx\_ha\_PINEAPPLE}$$

$$\text{Cx\_ha\_RUBI}(t) = \text{Cx\_ha\_RUBI}(t - dt) + (\text{Produtividade\_RUBI} - \text{Producao\_RUBI}) * dt$$

$$\text{INIT Cx\_ha\_RUBI} = 1501$$

INFLOWS:

$$\text{Produtividade\_RUBI} = (\text{Cx}\backslash\text{Planta\_RUBI} * \text{Planta}\backslash\text{ha\_RUBI}) * ((\text{Irrigacao\_RUBI}/100) * 0.25) + 1$$

OUTFLOWS:

$$\text{Producao\_RUBI} = \text{Cx\_ha\_RUBI}$$

$$\text{Irrigacao\_FMURCHA}(t) = \text{Irrigacao\_FMURCHA}(t - dt) + (\text{Irrigacao1\_FMURCHA} - \text{Reducao\_FMURCHA}) * dt$$

$$\text{INIT Irrigacao\_FMURCHA} = 14$$

INFLOWS:

$$\text{Irrigacao1\_FMURCHA} = \text{Irrigacao\_}\%\_FMURCHA$$

OUTFLOWS:

$$\text{Reducao\_FMURCHA} = \text{PercReducao\_FMURCHA}$$

$$\text{Irrigacao\_HAMLIN}(t) = \text{Irrigacao\_HAMLIN}(t - dt) + (\text{Irrigacao1\_HAMLIN} - \text{Reducao\_HAMLIN}) * dt$$

$$\text{INIT Irrigacao\_HAMLIN} = 14$$

INFLOWS:

$$\text{Irrigacao1\_HAMLIN} = \text{Irrigacao\_}\%\_HAMLIN$$

OUTFLOWS:

$$\text{Reducao\_HAMLIN} = \text{PercReducao\_HAMLIN}$$

$$\text{Irrigacao\_NV}(t) = \text{Irrigacao\_NV}(t - dt) + (\text{Irrigacao1\_NV} - \text{Reducao\_NV}) * dt$$

$$\text{INIT Irrigacao\_NV} = 14$$

INFLOWS:

$$\text{Irrigacao1\_NV} = \text{Irrigacao\_}\%\_NV$$

OUTFLOWS:

$$\text{Reducao\_NV} = \text{PercReducao\_NV}$$

$Irrigacao\_PERARIO(t) = Irrigacao\_PERARIO(t - dt) + (Irrigacao1\_PERARIO - Reducao\_PERARIO) * dt$

INIT Irrigacao\\_PERARIO = 14

INFLOWS:

$Irrigacao1\_PERARIO = Irrigacao\_ \%\_PERARIO$

OUTFLOWS:

$Reducao\_PERARIO = PercReducao\_PERARIO$

$Irrigacao\_PINEAPPLE(t) = Irrigacao\_PINEAPPLE(t - dt) + (Irrigacao1\_PINEAPPLE - Reducao\_PINEAPPLE) * dt$

INIT Irrigacao\\_PINEAPPLE = 14

INFLOWS:

$Irrigacao1\_PINEAPPLE = Irrigacao\_ \%\_PINEAPPLE$

OUTFLOWS:

$Reducao\_PINEAPPLE = PercReducao\_PINEAPPLE$

$Irrigacao\_RUBI(t) = Irrigacao\_RUBI(t - dt) + (Irrigacao1\_RUBI - Reducao\_RUBI) * dt$

INIT Irrigacao\\_RUBI = 14

INFLOWS:

$Irrigacao1\_RUBI = Irrigacao\_ \%\_RUBI$

OUTFLOWS:

$Reducao\_RUBI = PercReducao\_RUBI$

$TotalSucoVariedades\_t(t) = TotalSucoVariedades\_t(t - dt) + (SomaSucoVariedades - TotalSucoObtido\_t) * dt$

INIT TotalSucoVariedades\\_t = 127525.3

INFLOWS:

SomaSucoVariedades =

$SucoObtido\_t\_FMURCHA + SucoObtido\_t\_HAMLIN + SucoObtido\_t\_NV + SucoObtido\_t\_PERARIO + SucoObtido\_t\_PINEAPPLE + SucoObtido\_t\_RUBI$

OUTFLOWS:

$TotalSucoObtido\_t = TotalSucoVariedades\_t$

$CFFruta\_R\$C\_x\_FMURCHA = (C\_x\_ha\_FMURCHA1 / Producao\_FMURCHA) * CF\_FMURCHA$

$CFFruta\_R\$C\_x\_HAMLIN = (C\_x\_ha\_HAMLIN1 / Producao\_HAMLIN) * CF\_HAMLIN$

$CFFruta\_R\$C\_x\_NV = (C\_x\_ha\_NV1 / Producao\_NV) * CF\_NV$

$CFFruta\_R\$ \backslash Cx\_PERARIO = (Cx\_ha\_PERARIO1/Producao\_PERARIO)$   
 $*CF\_PERARIO$   
 $CFFruta\_R\$ \backslash Cx\_PINEAPPLE = (Cx\_ha\_PINEAPPLE1/Producao\_PINEAPPLE)$   
 $*CF\_PINEAPPLE$   
 $CFFruta\_R\$ \backslash Cx\_RUBI = (Cx\_ha\_RUBI1/Producao\_RUBI) *CF\_RUBI$   
 $CFIndustrial\_R\$ \backslash t\_Suco =$   
 $CFInicial\_R\$ \backslash t * TotalSucoObtidoInicial\_t / TotalSucoObtido\_t$   
 $CFInicial\_R\$ \backslash t = 200$   
 $CF\_FMURCHA = 4.82$   
 $CF\_HAMLIN = 4.82$   
 $CF\_NV = 4.82$   
 $CF\_PERARIO = 4.82$   
 $CF\_PINEAPPLE = 4.82$   
 $CF\_RUBI = 4.82$   
 $CLInicial\_R\$ \backslash t = 359$   
 $CPP\_kg \backslash Cx = 4.660$   
 $CPP\_R\$ = 1000 * TotalCaixas\_Cx * CPP\_kg \backslash Cx * CPP\_R\$ \backslash t$   
 $CPP\_R\$ \backslash t = CPP\_U\$ \backslash t * R\$ \backslash US\$$   
 $CPP\_U\$ \backslash t = 150$   
 $CTInicial\_R\$ \backslash t = 53$   
 $CustoFruta\_R\$ \backslash cx =$   
 $CustoTotalFrutaPonderado\_R\$ \backslash t\_Suco * TotalSucoObtido\_t / (TotalCaixas\_Cx * 1000000$   
 $)$   
 $CustoIndustrialLogistica\_R\$ \backslash t\_Suco =$   
 $CFIndustrial\_R\$ \backslash t\_Suco + CustoLogística\_R\$ \backslash t\_Suco + CustoTerminais\_R\$ \backslash t\_Suco + C$   
 $VIndustrial\_R\$ \backslash t\_Suco + DespesasOperacionaisVendasOutros\_R\$ \backslash t\_Suco -$   
 $ReceitaSubprodutos\_R\$ \backslash t\_Suco$   
 $CustoLogística\_R\$ \backslash t\_Suco = CLInicial\_R\$ \backslash t - CLInicial\_R\$ \backslash t * ReducaoCustos\_%/100$   
 $CustoTerminais\_R\$ \backslash t\_Suco = CTInicial\_R\$ \backslash t - CTInicial\_R\$ \backslash t * ReducaoCustos\_%/100$   
 $CustoTotalCadeia\_R\$ \backslash t\_Suco =$   
 $CustoIndustrialLogistica\_R\$ \backslash t\_Suco + CustoTotalFrutaPonderado\_R\$ \backslash t\_Suco$   
 $CustoTotalFrutaPonderado\_R\$ \backslash t\_Suco =$   
 $(CustoFinal\_RUBI * SucoObtido\_t\_RUBI + CustoFinal\_PINEAPPLE * SucoObtido\_t\_PINE$

$$\frac{\text{APPLE} + \text{CustoFinal\_HAMLIN} * \text{SucoObtido\_t\_HAMLIN} + \text{CustoFinal\_PERARIO} * \text{SucoObtido\_t\_PERARIO} + \text{CustoFinal\_NV} * \text{SucoObtido\_t\_NV} + \text{CustoFinal\_FMURCHA} * \text{SucoObtido\_t\_FMURCHA}}{(\text{SucoObtido\_t\_RUBI} + \text{SucoObtido\_t\_PINEAPPLE} + \text{SucoObtido\_t\_HAMLIN} + \text{SucoObtido\_t\_PERARIO} + \text{SucoObtido\_t\_NV} + \text{SucoObtido\_t\_FMURCHA})}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_FMURCHA} =$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_FMURCHA} * \text{Caixas\_FMURCHA} * 1000000 / \text{SucoObtido\_t\_FMURCHA}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_HAMLIN} =$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_HAMLIN} * \text{Caixas\_HAMLIN} * 1000000 / \text{SucoObtido\_t\_HAMLIN}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_NV} =$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_NV} * \text{Caixas\_NV} * 1000000 / \text{SucoObtido\_t\_NV}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_PERARIO} =$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_PERARIO} * \text{Caixas\_PERARIO} * 1000000 / \text{SucoObtido\_t\_PERARIO}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_PINEAPPLE} =$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_PINEAPPLE} * \text{Caixas\_PINEAPPLE} * 1000000 / \text{SucoObtido\_t\_PINEAPPLE}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_FMURCHA} =$$

$$\text{CVFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_FMURCHA} + \text{CFFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_FMURCHA}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_HAMLIN} =$$

$$\text{CVFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_HAMLIN} + \text{CFFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_HAMLIN}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_NV} = \text{CVFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_NV} + \text{CFFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_NV}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_PERARIO} =$$

$$\text{CVFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_PERARIO} + \text{CFFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_PERARIO}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_PINEAPPLE} =$$

$$\text{CVFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_PINEAPPLE} + \text{CFFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_PINEAPPLE}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_RUBI} = \text{CVFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_RUBI} + \text{CFFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_RUBI}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_RUBI} =$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_RUBI} * \text{Caixas\_RUBI} * 1000000 / \text{SucoObtido\_t\_RUBI}$$

$$\text{CVInicial\_R\$} \backslash \text{t} = 293$$

$$\text{CVIndustrial\_R\$} \backslash \text{t\_Suco} = \text{CVInicial\_R\$} \backslash \text{t} - \text{CVInicial\_R\$} \backslash \text{t} * \text{ReducaoCustos\_} \% / 100$$

$$\text{Cx} \backslash \text{Planta\_FMURCHA} = 2.2$$

$$\text{Cx} \backslash \text{Planta\_HAMLIN} = 3$$

Cx\Planta\_NV = 2.2

Cx\Planta\_PERARIO = 1.8

Cx\Planta\_PINEAPPLE = 2.6

Cx\Planta\_RUBI = 2.6

Cx\_ha\_FMURCHA1 = 1361

Cx\_ha\_HAMLIN1 = 1713

Cx\_ha\_NV1 = 1361

Cx\_ha\_PERARIO1 = 1132

Cx\_ha\_PINEAPPLE1 = 1501

Cx\_ha\_RUBI1 = 1501

Cx\_por\_ha\_Ponderado = TotalCaixas\_Cx\*1000000/AreaTotal\_ha

DespesasOperacionaisVendasOutros\_R\$t\_Suco = DOInicial\_R\$t-

DOInicial\_R\$t\*ReducaoCustos\_%/100

DOInicial\_R\$t = 208

EBITDA\_% = 100\*EBITDA\_IND\_R\$\Safr/(PreçoSuco\_R\$t\*TotalSucoObtido\_t)

EBITDA\_IND\_R\$\Safr = (ReceitaCustosTotais\_R\$t\_Suco-

GanhoAgrícola)\*TotalSucoObtido\_t

FOC\_kg\Cx = 0.177

FOC\_R\$ = 1000\*TotalCaixas\_Cx\*FOC\_kg\Cx\*FOC\_R\$t

FOC\_R\$t = FOC\_U\$t\*R\$\US\$

FOC\_U\$t = 800

GanhoAgrícola = ReceitaCustosTotais\_R\$t\_Suco\*PercentualAgricola/100

ha\_FMURCHA = Caixas\_FMURCHA\*1000000/Producao\_FMURCHA

ha\_HAMLIN = Caixas\_HAMLIN\*1000000/Producao\_HAMLIN

ha\_NV = Caixas\_NV\*1000000/Producao\_NV

ha\_PERARIO = Caixas\_PERARIO\*1000000/Producao\_PERARIO

ha\_PINEAPPLE = Caixas\_PINEAPPLE\*1000000/Producao\_PINEAPPLE

ha\_RUBI = Caixas\_RUBI\*1000000/Producao\_RUBI

LucroAgricola\_R\$\ha =

(Cx\_por\_ha\_Ponderado\*GanhoAgrícola\*TotalSucoObtido\_t)/(TotalCaixas\_Cx\*1000000)

OE\_U\$t = 1300

ÓleoEssencial\_kg\Cx = 0.136

ÓleoEssencial\_R\$ =  
 $1000 * \text{TotalCaixas\_Cx} * \text{ÓleoEssencial\_kg} \backslash \text{Cx} * \text{ÓleoEssencial\_R\$} \backslash \text{t}$   
 $\text{ÓleoEssencial\_R\$} \backslash \text{t} = \text{OE\_U\$} \backslash \text{t} * \text{R\$} \backslash \text{US\$}$   
 $\text{OP\_kg} \backslash \text{Cx} = 0.010$   
 $\text{OP\_R\$} = 1000 * \text{TotalCaixas\_Cx} * \text{OP\_kg} \backslash \text{Cx} * \text{OP\_R\$} \backslash \text{t}$   
 $\text{OP\_R\$} \backslash \text{t} = \text{OP\_U\$} \backslash \text{t} * \text{R\$} \backslash \text{US\$}$   
 $\text{OP\_U\$} \backslash \text{t} = 5000$   
 $\text{PercentualAgricola} = 30$   
 $\text{PercReducao\_FMURCHA} = 0$   
 $\text{PercReducao\_HAMLIN} = 0$   
 $\text{PercReducao\_NV} = 0$   
 $\text{PercReducao\_PERARIO} = 0$   
 $\text{PercReducao\_PINEAPPLE} = 0$   
 $\text{PercReducao\_RUBI} = 0$   
 $\text{Planta} \backslash \text{ha\_FMURCHA} = 615$   
 $\text{Planta} \backslash \text{ha\_HAMLIN} = 571$   
 $\text{Planta} \backslash \text{ha\_NV} = 615$   
 $\text{Planta} \backslash \text{ha\_PERARIO} = 615$   
 $\text{Planta} \backslash \text{ha\_PINEAPPLE} = 571$   
 $\text{Planta} \backslash \text{ha\_RUBI} = 571$   
 $\text{PreçoCaixa\_R\$} \backslash \text{Cx} =$   
 $(\text{GanhoAgrícola} * \text{TotalSucoObtido\_t} / (\text{TotalCaixas\_Cx} * 1000000)) + \text{CustoFruta\_R\$} \backslash \text{cx}$   
 $\text{PreçoSuco\_R\$} \backslash \text{t} = \text{PreçoSuco\_US\$} \backslash \text{t} * \text{R\$} \backslash \text{US\$}$   
 $\text{PreçoSuco\_US\$} \backslash \text{t} = 2200$   
 $\text{R\$} \backslash \text{US\$} = 2$   
 $\text{ReceitaCustosTotais\_R\$} \backslash \text{t\_Suco} = \text{PreçoSuco\_R\$} \backslash \text{t} - \text{CustoTotalCadeia\_R\$} \backslash \text{t\_Suco}$   
 $\text{ReceitaSubprodutos\_R\$} \backslash \text{t\_Suco} =$   
 $(\text{CPP\_R\$} + \text{FOC\_R\$} + \text{ÓleoEssencial\_R\$} + \text{OP\_R\$} + \text{Terpenos\_R\$} + \text{WESOS\_R\$} + \text{WP\_R}$   
 $\text{\$}) / \text{TotalSucoObtido\_t}$   
 $\text{SucoObtido\_t\_FMURCHA} = \text{Caixas\_FMURCHA} * \text{RendSuco\_kg} \backslash \text{Cx\_FMURCHA} * 1000$   
 $\text{SucoObtido\_t\_HAMLIN} = \text{Caixas\_HAMLIN} * \text{RendSuco\_kg} \backslash \text{Cx\_HAMLIN} * 1000$   
 $\text{SucoObtido\_t\_NV} = \text{Caixas\_NV} * \text{RendSuco\_kg} \backslash \text{Cx\_NV} * 1000$   
 $\text{SucoObtido\_t\_PERARIO} = \text{Caixas\_PERARIO} * \text{RendSuco\_kg} \backslash \text{Cx\_PERARIO} * 1000$

SucoObtido\_t\_PINEAPPLE = Caixas\_PINEAPPLE\*RendSuco\_kg\Cx\_PINEAPPLE\*1000

SucoObtido\_t\_RUBI = Caixas\_RUBI\*RendSuco\_kg\Cx\_RUBI\*1000

Terpenos\_kg\Cx = 0.100

Terpenos\_R\$ = 1000\*TotalCaixas\_Cx\*Terpenos\_kg\Cx\*Terpenos\_R\$\t

Terpenos\_R\$\t = T\_U\$\t\*R\$\US\$

TotalSucoObtidoInicial\_t = 127114

T\_U\$\t = 1300

WESOS\_kg\Cx = 0.240

WESOS\_R\$ = 1000\*TotalCaixas\_Cx\*WESOS\_kg\Cx\*WESOS\_R\$\t

WESOS\_R\$\t = WE\_%\_PrecoSuco\*PreçoSuco\_R\$\t

WE\_%\_PrecoSuco = .5

WPR\$\t = WP\_U\$\t\*R\$\US\$

WP\_kg\Cx = 0.030

WP\_R\$ = 1000\*TotalCaixas\_Cx\*WPR\$\t\*WP\_kg\Cx

WP\_U\$\t = 1000

Caixas\_FMURCHA = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.6), (2.00, 0.6), (3.00, 0.6), (4.00, 0.6), (5.00, 1.00), (6.00, 3.50), (7.00, 4.50),  
(8.00, 5.00), (9.00, 6.20), (10.0, 6.20), (11.0, 6.20), (12.0, 6.20), (13.0, 6.20)

Caixas\_HAMLIN = GRAPH(TIME)

(1.00, 5.70), (2.00, 5.70), (3.00, 5.70), (4.00, 5.70), (5.00, 5.00), (6.00, 5.00), (7.00,  
5.20), (8.00, 5.90), (9.00, 7.20), (10.0, 7.20), (11.0, 7.20), (12.0, 7.20), (13.0, 7.20)

Caixas\_NV = GRAPH(TIME)

(1.00, 15.0), (2.00, 15.0), (3.00, 15.0), (4.00, 15.0), (5.00, 14.5), (6.00, 14.6), (7.00,  
13.7), (8.00, 14.9), (9.00, 11.3), (10.0, 11.3), (11.0, 11.3), (12.0, 11.3), (13.0, 11.3)

Caixas\_PERARIO = GRAPH(TIME)

(1.00, 8.40), (2.00, 8.40), (3.00, 8.40), (4.00, 8.40), (5.00, 8.50), (6.00, 8.80), (7.00,  
8.80), (8.00, 8.80), (9.00, 10.8), (10.0, 10.8), (11.0, 10.8), (12.0, 10.8), (13.0, 10.8)

Caixas\_PINEAPPLE = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.2), (2.00, 0.2), (3.00, 0.2), (4.00, 0.2), (5.00, 2.00), (6.00, 3.00), (7.00, 6.10),  
(8.00, 7.40), (9.00, 9.10), (10.0, 9.10), (11.0, 9.10), (12.0, 9.10), (13.0, 9.10)

Caixas\_RUBI = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.2), (2.00, 0.2), (3.00, 0.2), (4.00, 0.2), (5.00, 1.00), (6.00, 1.50), (7.00, 2.00),  
(8.00, 2.50), (9.00, 3.40), (10.0, 3.40), (11.0, 3.40), (12.0, 3.40), (13.0, 3.40)

CVFruta\_R\Cx\_FMURCHA = GRAPH(TIME)

(1.00, 3.80), (2.00, 3.80), (3.00, 3.80), (4.00, 3.80), (5.00, 3.80), (6.00, 3.80), (7.00, 3.76), (8.00, 3.68), (9.00, 3.68), (10.0, 3.68), (11.0, 3.68), (12.0, 3.68), (13.0, 3.68)

CVFruta\_R\Cx\_HAMLIN = GRAPH(TIME)

(1.00, 3.80), (2.00, 3.80), (3.00, 3.80), (4.00, 3.80), (5.00, 3.80), (6.00, 3.80), (7.00, 3.76), (8.00, 3.68), (9.00, 3.68), (10.0, 3.68), (11.0, 3.68), (12.0, 3.68), (13.0, 3.68)

CVFruta\_R\Cx\_NV = GRAPH(TIME)

(1.00, 3.80), (2.00, 3.80), (3.00, 3.80), (4.00, 3.80), (5.00, 3.80), (6.00, 3.80), (7.00, 3.76), (8.00, 3.68), (9.00, 3.68), (10.0, 3.68), (11.0, 3.68), (12.0, 3.68), (13.0, 3.68)

CVFruta\_R\Cx\_PERARIO = GRAPH(TIME)

(1.00, 3.80), (2.00, 3.80), (3.00, 3.80), (4.00, 3.80), (5.00, 3.80), (6.00, 3.80), (7.00, 3.76), (8.00, 3.68), (9.00, 3.68), (10.0, 3.68), (11.0, 3.68), (12.0, 3.68), (13.0, 3.68)

CVFruta\_R\Cx\_PINEAPPLE = GRAPH(TIME)

(1.00, 3.80), (2.00, 3.80), (3.00, 3.80), (4.00, 3.80), (5.00, 3.80), (6.00, 3.80), (7.00, 3.76), (8.00, 3.68), (9.00, 3.68), (10.0, 3.68), (11.0, 3.68), (12.0, 3.68), (13.0, 3.68)

CVFruta\_R\Cx\_RUBI = GRAPH(TIME)

(1.00, 3.80), (2.00, 3.80), (3.00, 3.80), (4.00, 3.80), (5.00, 3.80), (6.00, 3.80), (7.00, 3.76), (8.00, 3.68), (9.00, 3.68), (10.0, 3.68), (11.0, 3.68), (12.0, 3.68), (13.0, 3.68)

Irrigacao\_%\_FMURCHA = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.00), (2.00, 0.00), (3.00, 0.00), (4.00, 16.0), (5.00, 10.0), (6.00, 10.0), (7.00, 10.0), (8.00, 10.0), (9.00, 0.00), (10.0, 0.00), (11.0, 0.00), (12.0, 0.00), (13.0, 0.00)

Irrigacao\_%\_HAMLIN = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.00), (2.00, 0.00), (3.00, 0.00), (4.00, 16.0), (5.00, 10.0), (6.00, 10.0), (7.00, 10.0), (8.00, 10.0), (9.00, 0.00), (10.0, 0.00), (11.0, 0.00), (12.0, 0.00), (13.0, 0.00)

Irrigacao\_%\_NV = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.00), (2.00, 0.00), (3.00, 0.00), (4.00, 16.0), (5.00, 10.0), (6.00, 10.0), (7.00, 10.0), (8.00, 10.0), (9.00, 0.00), (10.0, 0.00), (11.0, 0.00), (12.0, 0.00), (13.0, 0.00)

Irrigacao\_%\_PERARIO = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.00), (2.00, 0.00), (3.00, 0.00), (4.00, 16.0), (5.00, 10.0), (6.00, 10.0), (7.00, 10.0), (8.00, 10.0), (9.00, 0.00), (10.0, 0.00), (11.0, 0.00), (12.0, 0.00), (13.0, 0.00)

Irrigação\_%\_PINEAPPLE = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.00), (2.00, 0.00), (3.00, 0.00), (4.00, 16.0), (5.00, 10.0), (6.00, 10.0), (7.00, 10.0), (8.00, 10.0), (9.00, 0.00), (10.0, 0.00), (11.0, 0.00), (12.0, 0.00), (13.0, 0.00)

Irrigacao\_%\_RUBI = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.00), (2.00, 0.00), (3.00, 0.00), (4.00, 16.0), (5.00, 10.0), (6.00, 10.0), (7.00, 10.0), (8.00, 10.0), (9.00, 0.00), (10.0, 0.00), (11.0, 0.00), (12.0, 0.00), (13.0, 0.00)

ReducaoCustos\_% = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.00), (2.00, 0.00), (3.00, 0.00), (4.00, 0.00), (5.00, 0.2), (6.00, 0.5), (7.00, 1.00), (8.00, 3.00), (9.00, 5.00), (10.0, 5.00), (11.0, 5.00), (12.0, 5.00), (13.0, 5.00)

RendSuco\_kg\Cx\_FMURCHA = GRAPH(TIME)

(1.00, 4.13), (2.00, 4.13), (3.00, 4.13), (4.00, 4.13), (5.00, 4.13), (6.00, 4.15), (7.00, 4.21), (8.00, 4.28), (9.00, 4.30), (10.0, 4.30), (11.0, 4.30), (12.0, 4.30), (13.0, 4.30)

RendSuco\_kg\Cx\_HAMLIN = GRAPH(TIME)

(1.00, 4.25), (2.00, 4.25), (3.00, 4.25), (4.00, 4.25), (5.00, 4.30), (6.00, 4.30), (7.00, 4.39), (8.00, 4.41), (9.00, 4.43), (10.0, 4.43), (11.0, 4.43), (12.0, 4.43), (13.0, 4.43)

RendSuco\_kg\Cx\_NV = GRAPH(TIME)

(1.00, 4.49), (2.00, 4.49), (3.00, 4.49), (4.00, 4.49), (5.00, 4.51), (6.00, 4.53), (7.00, 4.56), (8.00, 4.56), (9.00, 4.61), (10.0, 4.61), (11.0, 4.61), (12.0, 4.61), (13.0, 4.61)

RendSuco\_kg\Cx\_PERARIO = GRAPH(TIME)

(1.00, 4.58), (2.00, 4.58), (3.00, 4.58), (4.00, 4.58), (5.00, 4.57), (6.00, 4.57), (7.00, 4.58), (8.00, 4.58), (9.00, 4.63), (10.0, 4.63), (11.0, 4.63), (12.0, 4.63), (13.0, 4.63)

RendSuco\_kg\Cx\_PINEAPPLE = GRAPH(TIME)

(1.00, 4.42), (2.00, 4.42), (3.00, 4.42), (4.00, 4.42), (5.00, 4.42), (6.00, 4.43), (7.00, 4.44), (8.00, 4.43), (9.00, 4.42), (10.0, 4.42), (11.0, 4.42), (12.0, 4.42), (13.0, 4.42)

RendSuco\_kg\Cx\_RUBI = GRAPH(TIME)

(1.00, 4.39), (2.00, 4.39), (3.00, 4.39), (4.00, 4.39), (5.00, 4.39), (6.00, 4.34), (7.00, 4.35), (8.00, 4.33), (9.00, 4.31), (10.0, 4.31), (11.0, 4.31), (12.0, 4.31), (13.0, 4.31)

## APÊNDICE F - Equações do modelo SD - Cenário

### “C”

$$\text{Area\_ha}(t) = \text{Area\_ha}(t - dt) + (\text{SomaVariedades\_ha} - \text{AreaTotal\_ha}) * dt$$

$$\text{INIT Area\_ha} = 21651$$

INFLOWS:

$$\text{SomaVariedades\_ha} =$$

$$\text{ha\_FMURCHA} + \text{ha\_HAMLIN} + \text{ha\_NV} + \text{ha\_PERARIO} + \text{ha\_PINEAPPLE} + \text{ha\_RUBI}$$

OUTFLOWS:

$$\text{AreaTotal\_ha} = \text{Area\_ha}$$

$$\text{CaixasVariedadesTotais\_Cx}(t) = \text{CaixasVariedadesTotais\_Cx}(t - dt) + (\text{SomaCaixas} - \text{TotalCaixas\_Cx}) * dt$$

$$\text{INIT CaixasVariedadesTotais\_Cx} = 30.1$$

INFLOWS:

$$\text{SomaCaixas} =$$

$$\text{Caixas\_FMURCHA} + \text{Caixas\_HAMLIN} + \text{Caixas\_NV} + \text{Caixas\_PERARIO} + \text{Caixas\_PINEAPPLE} + \text{Caixas\_RUBI}$$

OUTFLOWS:

$$\text{TotalCaixas\_Cx} = \text{CaixasVariedadesTotais\_Cx}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_FMURCHA}(t) =$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_FMURCHA}(t - dt) + (\text{Custo\_FMURCHA} - \text{CustoFinal\_FMURCHA}) * dt$$

$$\text{INIT CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_FMURCHA} = 2119$$

INFLOWS:

$$\text{Custo\_FMURCHA} = \text{CustoTotalFruta\_FMURCHA}$$

OUTFLOWS:

$$\text{CustoFinal\_FMURCHA} = \text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_FMURCHA}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_HAMLIN}(t) = \text{CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_HAMLIN}(t - dt) + (\text{Custo\_HAMLIN} - \text{CustoFinal\_HAMLIN}) * dt$$

$$\text{INIT CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_HAMLIN} = 2119$$

INFLOWS:

Custo\_HAMLIN = CustoTotalFruta\_HAMLIN

OUTFLOWS:

CustoFinal\_HAMLIN = CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_HAMLIN

CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_NV(t) = CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_NV(t - dt) +  
(Custo\_NV - CustoFinal\_NV) \* dt

INIT CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_NV = 2119

INFLOWS:

Custo\_NV = CustoTotalFruta\_NV

OUTFLOWS:

CustoFinal\_NV = CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_NV

CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_PERARIO(t) = CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_PERARIO(t -  
dt) + (Custo\_PERARIO - CustoFinal\_PERARIO) \* dt

INIT CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_PERARIO = 2119

INFLOWS:

Custo\_PERARIO = CustoTotalFruta\_PERARIO

OUTFLOWS:

CustoFinal\_PERARIO = CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_PERARIO

CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_PINEAPPLE(t) =

CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_PINEAPPLE(t - dt) + (Custo\_PINEAPPLE -  
CustoFinal\_PINEAPPLE) \* dt

INIT CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_PINEAPPLE = 2119

INFLOWS:

Custo\_PINEAPPLE = CustoTotalFruta\_PINEAPPLE

OUTFLOWS:

CustoFinal\_PINEAPPLE = CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_PINEAPPLE

CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_RUBI(t) = CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_RUBI(t - dt) +  
(Custo\_RUBI - CustoFinal\_RUBI) \* dt

INIT CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_RUBI = 2119

INFLOWS:

Custo\_RUBI = CustoTotalFruta\_RUBI

OUTFLOWS:

CustoFinal\_RUBI = CustoTotalFruta\_R\$t\_Suco\_RUBI

$Cx\_ha\_FMURCHA(t) = Cx\_ha\_FMURCHA(t - dt) + (Produtividade\_FMURCHA - Producao\_FMURCHA) * dt$

INIT  $Cx\_ha\_FMURCHA = 1361$

INFLOWS:

$Produtividade\_FMURCHA = (Cx\Planta\_FMURCHA*Planta\ha\_FMURCHA)*((Irrigacao\_FMURCHA/100)*0.25)+1)$

OUTFLOWS:

$Producao\_FMURCHA = Cx\_ha\_FMURCHA$

$Cx\_ha\_HAMLIN(t) = Cx\_ha\_HAMLIN(t - dt) + (Produtividade\_HAMLIN - Producao\_HAMLIN) * dt$

INIT  $Cx\_ha\_HAMLIN = 1713$

INFLOWS:

$Produtividade\_HAMLIN = (Cx\Planta\_HAMLIN*Planta\ha\_HAMLIN)*((Irrigacao\_HAMLIN/100)*0.25)+1)$

OUTFLOWS:

$Producao\_HAMLIN = Cx\_ha\_HAMLIN$

$Cx\_ha\_NV(t) = Cx\_ha\_NV(t - dt) + (Produtividade\_NV - Producao\_NV) * dt$

INIT  $Cx\_ha\_NV = 1361$

INFLOWS:

$Produtividade\_NV = (Cx\Planta\_NV*Planta\ha\_NV)*((Irrigacao\_NV/100)*0.25)+1)$

OUTFLOWS:

$Producao\_NV = Cx\_ha\_NV$

$Cx\_ha\_PERARIO(t) = Cx\_ha\_PERARIO(t - dt) + (Produtividade\_PERARIO - Producao\_PERARIO) * dt$

INIT  $Cx\_ha\_PERARIO = 1132$

INFLOWS:

$Produtividade\_PERARIO = (Cx\Planta\_PERARIO*Planta\ha\_PERARIO)*((Irrigacao\_PERARIO/100)*0.25)+1)$

OUTFLOWS:

$Producao\_PERARIO = Cx\_ha\_PERARIO$

$Cx\_ha\_PINEAPPLE(t) = Cx\_ha\_PINEAPPLE(t - dt) + (Produtividade\_PINEAPPLE - Producao\_PINEAPPLE) * dt$

INIT  $Cx\_ha\_PINEAPPLE = 1501$

INFLOWS:

$$\text{Produtividade\_PINEAPPLE} = (\text{Cx}\backslash\text{Planta\_PINEAPPLE} * \text{Planta}\backslash\text{ha\_PINEAPPLE}) * ((\text{Irrigacao\_PINEAPPLE}/100) * 0.25) + 1$$

OUTFLOWS:

$$\text{Producao\_PINEAPPLE} = \text{Cx\_ha\_PINEAPPLE}$$

$$\text{Cx\_ha\_RUBI}(t) = \text{Cx\_ha\_RUBI}(t - dt) + (\text{Produtividade\_RUBI} - \text{Producao\_RUBI}) * dt$$

$$\text{INIT Cx\_ha\_RUBI} = 1501$$

INFLOWS:

$$\text{Produtividade\_RUBI} = (\text{Cx}\backslash\text{Planta\_RUBI} * \text{Planta}\backslash\text{ha\_RUBI}) * ((\text{Irrigacao\_RUBI}/100) * 0.25) + 1$$

OUTFLOWS:

$$\text{Producao\_RUBI} = \text{Cx\_ha\_RUBI}$$

$$\text{Irrigacao\_FMURCHA}(t) = \text{Irrigacao\_FMURCHA}(t - dt) + (\text{Irrigacao1\_FMURCHA} - \text{Reducao\_FMURCHA}) * dt$$

$$\text{INIT Irrigacao\_FMURCHA} = 14$$

INFLOWS:

$$\text{Irrigacao1\_FMURCHA} = \text{Irrigacao\_}\%\_FMURCHA$$

OUTFLOWS:

$$\text{Reducao\_FMURCHA} = \text{PercReducao\_FMURCHA}$$

$$\text{Irrigacao\_HAMLIN}(t) = \text{Irrigacao\_HAMLIN}(t - dt) + (\text{Irrigacao1\_HAMLIN} - \text{Reducao\_HAMLIN}) * dt$$

$$\text{INIT Irrigacao\_HAMLIN} = 14$$

INFLOWS:

$$\text{Irrigacao1\_HAMLIN} = \text{Irrigacao\_}\%\_HAMLIN$$

OUTFLOWS:

$$\text{Reducao\_HAMLIN} = \text{PercReducao\_HAMLIN}$$

$$\text{Irrigacao\_NV}(t) = \text{Irrigacao\_NV}(t - dt) + (\text{Irrigacao1\_NV} - \text{Reducao\_NV}) * dt$$

$$\text{INIT Irrigacao\_NV} = 14$$

INFLOWS:

$$\text{Irrigacao1\_NV} = \text{Irrigacao\_}\%\_NV$$

OUTFLOWS:

$$\text{Reducao\_NV} = \text{PercReducao\_NV}$$

$Irrigacao\_PERARIO(t) = Irrigacao\_PERARIO(t - dt) + (Irrigacao1\_PERARIO - Reducao\_PERARIO) * dt$

INIT Irrigacao\\_PERARIO = 14

INFLOWS:

$Irrigacao1\_PERARIO = Irrigacao\_ \%\_PERARIO$

OUTFLOWS:

$Reducao\_PERARIO = PercReducao\_PERARIO$

$Irrigacao\_PINEAPPLE(t) = Irrigacao\_PINEAPPLE(t - dt) + (Irrigacao1\_PINEAPPLE - Reducao\_PINEAPPLE) * dt$

INIT Irrigacao\\_PINEAPPLE = 14

INFLOWS:

$Irrigacao1\_PINEAPPLE = Irrigacao\_ \%\_PINEAPPLE$

OUTFLOWS:

$Reducao\_PINEAPPLE = PercReducao\_PINEAPPLE$

$Irrigacao\_RUBI(t) = Irrigacao\_RUBI(t - dt) + (Irrigacao1\_RUBI - Reducao\_RUBI) * dt$

INIT Irrigacao\\_RUBI = 14

INFLOWS:

$Irrigacao1\_RUBI = Irrigacao\_ \%\_RUBI$

OUTFLOWS:

$Reducao\_RUBI = PercReducao\_RUBI$

$TotalSucoVariedades\_t(t) = TotalSucoVariedades\_t(t - dt) + (SomaSucoVariedades - TotalSucoObtido\_t) * dt$

INIT TotalSucoVariedades\\_t = 127525.3

INFLOWS:

SomaSucoVariedades =

$SucoObtido\_t\_FMURCHA + SucoObtido\_t\_HAMLIN + SucoObtido\_t\_NV + SucoObtido\_t\_PERARIO + SucoObtido\_t\_PINEAPPLE + SucoObtido\_t\_RUBI$

OUTFLOWS:

$TotalSucoObtido\_t = TotalSucoVariedades\_t$

$CFFruta\_R\$C\_x\_FMURCHA = (C\_x\_ha\_FMURCHA1 / Producao\_FMURCHA) * CF\_FMURCHA$

$CFFruta\_R\$C\_x\_HAMLIN = (C\_x\_ha\_HAMLIN1 / Producao\_HAMLIN) * CF\_HAMLIN$

$CFFruta\_R\$C\_x\_NV = (C\_x\_ha\_NV1 / Producao\_NV) * CF\_NV$

$$\text{CFFruta\_R\$}\backslash\text{Cx\_PERARIO} = (\text{Cx\_ha\_PERARIO1}/\text{Producao\_PERARIO})$$

$$*\text{CF\_PERARIO}$$

$$\text{CFFruta\_R\$}\backslash\text{Cx\_PINEAPPLE} = (\text{Cx\_ha\_PINEAPPLE1}/\text{Producao\_PINEAPPLE})$$

$$*\text{CF\_PINEAPPLE}$$

$$\text{CFFruta\_R\$}\backslash\text{Cx\_RUBI} = (\text{Cx\_ha\_RUBI1}/\text{Producao\_RUBI}) * \text{CF\_RUBI}$$

$$\text{CFIndustrial\_R\$}\backslash\text{t\_Suco} =$$

$$\text{CFInicial\_R\$}\backslash\text{t} * \text{TotalSucoObtidoInicial\_t}/\text{TotalSucoObtido\_t}$$

$$\text{CFInicial\_R\$}\backslash\text{t} = 200$$

$$\text{CF\_FMURCHA} = 6.28$$

$$\text{CF\_HAMLIN} = 6.28$$

$$\text{CF\_NV} = 6.28$$

$$\text{CF\_PERARIO} = 6.28$$

$$\text{CF\_PINEAPPLE} = 6.28$$

$$\text{CF\_RUBI} = 6.28$$

$$\text{CLInicial\_R\$}\backslash\text{t} = 359$$

$$\text{CPP\_kg}\backslash\text{Cx} = 4.660$$

$$\text{CPP\_R\$} = 1000 * \text{TotalCaixas\_Cx} * \text{CPP\_kg}\backslash\text{Cx} * \text{CPP\_R\$}\backslash\text{t}$$

$$\text{CPP\_R\$}\backslash\text{t} = \text{CPP\_U\$}\backslash\text{t} * \text{R\$}\backslash\text{US\$}$$

$$\text{CPP\_U\$}\backslash\text{t} = 150$$

$$\text{CTInicial\_R\$}\backslash\text{t} = 53$$

$$\text{CustoFruta\_R\$}\backslash\text{cx} =$$

$$\text{CustoTotalFrutaPonderado\_R\$}\backslash\text{t\_Suco} * \text{TotalSucoObtido\_t} / (\text{TotalCaixas\_Cx} * 1000000$$

$$)$$

$$\text{CustoIndustrialLogistica\_R\$}\backslash\text{t\_Suco} =$$

$$\text{CFIndustrial\_R\$}\backslash\text{t\_Suco} + \text{CustoLogística\_R\$}\backslash\text{t\_Suco} + \text{CustoTerminais\_R\$}\backslash\text{t\_Suco} + \text{C}$$

$$\text{VIndustrial\_R\$}\backslash\text{t\_Suco} + \text{DespesasOperacionaisVendasOutros\_R\$}\backslash\text{t\_Suco} -$$

$$\text{ReceitaSubprodutos\_R\$}\backslash\text{t\_Suco}$$

$$\text{CustoLogística\_R\$}\backslash\text{t\_Suco} = \text{CLInicial\_R\$}\backslash\text{t} - \text{CLInicial\_R\$}\backslash\text{t} * \text{ReducaoCustos\_}\% / 100$$

$$\text{CustoTerminais\_R\$}\backslash\text{t\_Suco} = \text{CTInicial\_R\$}\backslash\text{t} - \text{CTInicial\_R\$}\backslash\text{t} * \text{ReducaoCustos\_}\% / 100$$

$$\text{CustoTotalCadeia\_R\$}\backslash\text{t\_Suco} =$$

$$\text{CustoIndustrialLogistica\_R\$}\backslash\text{t\_Suco} + \text{CustoTotalFrutaPonderado\_R\$}\backslash\text{t\_Suco}$$

$$\text{CustoTotalFrutaPonderado\_R\$}\backslash\text{t\_Suco} =$$

$$(\text{CustoFinal\_RUBI} * \text{SucoObtido\_t\_RUBI} + \text{CustoFinal\_PINEAPPLE} * \text{SucoObtido\_t\_PINE}$$

$$\frac{\text{APPLE} + \text{CustoFinal\_HAMLIN} * \text{SucoObtido\_t\_HAMLIN} + \text{CustoFinal\_PERARIO} * \text{SucoObtido\_t\_PERARIO} + \text{CustoFinal\_NV} * \text{SucoObtido\_t\_NV} + \text{CustoFinal\_FMURCHA} * \text{SucoObtido\_t\_FMURCHA}}{(\text{SucoObtido\_t\_RUBI} + \text{SucoObtido\_t\_PINEAPPLE} + \text{SucoObtido\_t\_HAMLIN} + \text{SucoObtido\_t\_PERARIO} + \text{SucoObtido\_t\_NV} + \text{SucoObtido\_t\_FMURCHA})}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_FMURCHA} = \text{CustoTotalFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_FMURCHA} * \text{Caixas\_FMURCHA} * 1000000 / \text{SucoObtido\_t\_FMURCHA}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_HAMLIN} = \text{CustoTotalFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_HAMLIN} * \text{Caixas\_HAMLIN} * 1000000 / \text{SucoObtido\_t\_HAMLIN}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_NV} = \text{CustoTotalFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_NV} * \text{Caixas\_NV} * 1000000 / \text{SucoObtido\_t\_NV}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_PERARIO} = \text{CustoTotalFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_PERARIO} * \text{Caixas\_PERARIO} * 1000000 / \text{SucoObtido\_t\_PERARIO}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_PINEAPPLE} = \text{CustoTotalFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_PINEAPPLE} * \text{Caixas\_PINEAPPLE} * 1000000 / \text{SucoObtido\_t\_PINEAPPLE}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_FMURCHA} = \text{CVFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_FMURCHA} + \text{CFFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_FMURCHA}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_HAMLIN} = \text{CVFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_HAMLIN} + \text{CFFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_HAMLIN}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_NV} = \text{CVFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_NV} + \text{CFFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_NV}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_PERARIO} = \text{CVFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_PERARIO} + \text{CFFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_PERARIO}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_PINEAPPLE} = \text{CVFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_PINEAPPLE} + \text{CFFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_PINEAPPLE}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_RUBI} = \text{CVFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_RUBI} + \text{CFFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_RUBI}$$

$$\text{CustoTotalFruta\_RUBI} = \text{CustoTotalFruta\_R\$} \backslash \text{Cx\_RUBI} * \text{Caixas\_RUBI} * 1000000 / \text{SucoObtido\_t\_RUBI}$$

$$\text{CVIInicial\_R\$} \backslash \text{t} = 293$$

$$\text{CVIndustrial\_R\$} \backslash \text{t\_Suco} = \text{CVIInicial\_R\$} \backslash \text{t} - \text{CVIInicial\_R\$} \backslash \text{t} * \text{ReducaoCustos\_} \% / 100$$

$$\text{Cx} \backslash \text{Planta\_FMURCHA} = 2.2$$

$$\text{Cx} \backslash \text{Planta\_HAMLIN} = 3$$

Cx\Planta\_NV = 2.2

Cx\Planta\_PERARIO = 1.8

Cx\Planta\_PINEAPPLE = 2.6

Cx\Planta\_RUBI = 2.6

Cx\_ha\_FMURCHA1 = 1361

Cx\_ha\_HAMLIN1 = 1713

Cx\_ha\_NV1 = 1361

Cx\_ha\_PERARIO1 = 1132

Cx\_ha\_PINEAPPLE1 = 1501

Cx\_ha\_RUBI1 = 1501

Cx\_por\_ha\_Ponderado = TotalCaixas\_Cx\*1000000/AreaTotal\_ha

DespesasOperacionaisVendasOutros\_R\$t\_Suco = DOInicial\_R\$t-

DOInicial\_R\$t\*ReducaoCustos\_%/100

DOInicial\_R\$t = 208

EBITDA\_% = 100\*EBITDA\_IND\_R\$\Safr/(PreçoSuco\_R\$t\*TotalSucoObtido\_t)

EBITDA\_IND\_R\$\Safr = (ReceitaCustosTotais\_R\$t\_Suco-

GanhoAgrícola)\*TotalSucoObtido\_t

FOC\_kg\Cx = 0.177

FOC\_R\$ = 1000\*TotalCaixas\_Cx\*FOC\_kg\Cx\*FOC\_R\$t

FOC\_R\$t = FOC\_US\$t\*R\$\US\$

FOC\_US\$t = 800

GanhoAgrícola = ReceitaCustosTotais\_R\$t\_Suco\*PercentualAgricola/100

ha\_FMURCHA = Caixas\_FMURCHA\*1000000/Producao\_FMURCHA

ha\_HAMLIN = Caixas\_HAMLIN\*1000000/Producao\_HAMLIN

ha\_NV = Caixas\_NV\*1000000/Producao\_NV

ha\_PERARIO = Caixas\_PERARIO\*1000000/Producao\_PERARIO

ha\_PINEAPPLE = Caixas\_PINEAPPLE\*1000000/Producao\_PINEAPPLE

ha\_RUBI = Caixas\_RUBI\*1000000/Producao\_RUBI

LucroAgricola\_R\$\ha =

(Cx\_por\_ha\_Ponderado\*GanhoAgrícola\*TotalSucoObtido\_t)/(TotalCaixas\_Cx\*1000000)

OE\_US\$t = 1300

ÓleoEssencial\_kg\Cx = 0.136

ÓleoEssencial\_R\$ =

$1000 * \text{TotalCaixas\_Cx} * \text{ÓleoEssencial\_kg} \backslash \text{Cx} * \text{ÓleoEssencial\_R\$} \backslash \text{t}$

$\text{ÓleoEssencial\_R\$} \backslash \text{t} = \text{OE\_U\$} \backslash \text{t} * \text{R\$} \backslash \text{US\$}$

$\text{OP\_kg} \backslash \text{Cx} = 0.010$

$\text{OP\_R\$} = 1000 * \text{TotalCaixas\_Cx} * \text{OP\_kg} \backslash \text{Cx} * \text{OP\_R\$} \backslash \text{t}$

$\text{OP\_R\$} \backslash \text{t} = \text{OP\_U\$} \backslash \text{t} * \text{R\$} \backslash \text{US\$}$

$\text{OP\_U\$} \backslash \text{t} = 5000$

$\text{PercentualAgricola} = 30$

$\text{PercReducao\_FMURCHA} = 0$

$\text{PercReducao\_HAMLIN} = 0$

$\text{PercReducao\_NV} = 0$

$\text{PercReducao\_PERARIO} = 0$

$\text{PercReducao\_PINEAPPLE} = 0$

$\text{PercReducao\_RUBI} = 0$

$\text{Planta} \backslash \text{ha\_FMURCHA} = 615$

$\text{Planta} \backslash \text{ha\_HAMLIN} = 571$

$\text{Planta} \backslash \text{ha\_NV} = 615$

$\text{Planta} \backslash \text{ha\_PERARIO} = 615$

$\text{Planta} \backslash \text{ha\_PINEAPPLE} = 571$

$\text{Planta} \backslash \text{ha\_RUBI} = 571$

$\text{PreçoCaixa\_R\$} \backslash \text{Cx} =$

$(\text{GanhoAgricola} * \text{TotalSucoObtido\_t} / (\text{TotalCaixas\_Cx} * 1000000)) + \text{CustoFruta\_R\$} \backslash \text{cx}$

$\text{PreçoSuco\_R\$} \backslash \text{t} = \text{PreçoSuco\_US\$} \backslash \text{t} * \text{R\$} \backslash \text{US\$}$

$\text{PreçoSuco\_US\$} \backslash \text{t} = 1400$

$\text{R\$} \backslash \text{US\$} = 2$

$\text{ReceitaCustosTotais\_R\$} \backslash \text{t\_Suco} = \text{PreçoSuco\_R\$} \backslash \text{t} - \text{CustoTotalCadeia\_R\$} \backslash \text{t\_Suco}$

$\text{ReceitaSubprodutos\_R\$} \backslash \text{t\_Suco} =$

$(\text{CPP\_R\$} + \text{FOC\_R\$} + \text{ÓleoEssencial\_R\$} + \text{OP\_R\$} + \text{Terpenos\_R\$} + \text{WESOS\_R\$} + \text{WP\_R\$}) / \text{TotalSucoObtido\_t}$

$\text{SucoObtido\_t\_FMURCHA} = \text{Caixas\_FMURCHA} * \text{RendSuco\_kg} \backslash \text{Cx\_FMURCHA} * 1000$

$\text{SucoObtido\_t\_HAMLIN} = \text{Caixas\_HAMLIN} * \text{RendSuco\_kg} \backslash \text{Cx\_HAMLIN} * 1000$

$\text{SucoObtido\_t\_NV} = \text{Caixas\_NV} * \text{RendSuco\_kg} \backslash \text{Cx\_NV} * 1000$

$\text{SucoObtido\_t\_PERARIO} = \text{Caixas\_PERARIO} * \text{RendSuco\_kg} \backslash \text{Cx\_PERARIO} * 1000$

SucoObtido\_t\_PINEAPPLE = Caixas\_PINEAPPLE\*RendSuco\_kg\Cx\_PINEAPPLE\*1000

SucoObtido\_t\_RUBI = Caixas\_RUBI\*RendSuco\_kg\Cx\_RUBI\*1000

Terpenos\_kg\Cx = 0.100

Terpenos\_R\$ = 1000\*TotalCaixas\_Cx\*Terpenos\_kg\Cx\*Terpenos\_R\$\t

Terpenos\_R\$\t = T\_U\$\t\*R\$\US\$

TotalSucoObtidoInicial\_t = 127114

T\_U\$\t = 1300

WESOS\_kg\Cx = 0.240

WESOS\_R\$ = 1000\*TotalCaixas\_Cx\*WESOS\_kg\Cx\*WESOS\_R\$\t

WESOS\_R\$\t = WE\_%\_PrecoSuco\*PreçoSuco\_R\$\t

WE\_%\_PrecoSuco = .5

WPR\$\t = WP\_U\$\t\*R\$\US\$

WP\_kg\Cx = 0.030

WP\_R\$ = 1000\*TotalCaixas\_Cx\*WPR\$\t\*WP\_kg\Cx

WP\_U\$\t = 1000

Caixas\_FMURCHA = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.6), (2.00, 0.6), (3.00, 0.6), (4.00, 0.6), (5.00, 1.00), (6.00, 3.50), (7.00, 4.50),  
(8.00, 5.00), (9.00, 6.20), (10.0, 6.20), (11.0, 6.20), (12.0, 6.20), (13.0, 6.20)

Caixas\_HAMLIN = GRAPH(TIME)

(1.00, 5.70), (2.00, 5.70), (3.00, 5.70), (4.00, 5.70), (5.00, 5.00), (6.00, 5.00), (7.00,  
5.20), (8.00, 5.90), (9.00, 7.20), (10.0, 7.20), (11.0, 7.20), (12.0, 7.20), (13.0, 7.20)

Caixas\_NV = GRAPH(TIME)

(1.00, 15.0), (2.00, 15.0), (3.00, 15.0), (4.00, 15.0), (5.00, 14.5), (6.00, 14.6), (7.00,  
13.7), (8.00, 14.9), (9.00, 11.3), (10.0, 11.3), (11.0, 11.3), (12.0, 11.3), (13.0, 11.3)

Caixas\_PERARIO = GRAPH(TIME)

(1.00, 8.40), (2.00, 8.40), (3.00, 8.40), (4.00, 8.40), (5.00, 8.50), (6.00, 8.80), (7.00,  
8.80), (8.00, 8.80), (9.00, 10.8), (10.0, 10.8), (11.0, 10.8), (12.0, 10.8), (13.0, 10.8)

Caixas\_PINEAPPLE = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.2), (2.00, 0.2), (3.00, 0.2), (4.00, 0.2), (5.00, 2.00), (6.00, 3.00), (7.00, 6.10),  
(8.00, 7.40), (9.00, 9.10), (10.0, 9.10), (11.0, 9.10), (12.0, 9.10), (13.0, 9.10)

Caixas\_RUBI = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.2), (2.00, 0.2), (3.00, 0.2), (4.00, 0.2), (5.00, 1.00), (6.00, 1.50), (7.00, 2.00),  
(8.00, 2.50), (9.00, 3.40), (10.0, 3.40), (11.0, 3.40), (12.0, 3.40), (13.0, 3.40)

CVFruta\_R\Cx\_FMURCHA = GRAPH(TIME)

(1.00, 5.90), (2.00, 5.90), (3.00, 5.90), (4.00, 5.90), (5.00, 5.90), (6.00, 5.90), (7.00, 5.84), (8.00, 5.72), (9.00, 5.72), (10.0, 5.72), (11.0, 5.72), (12.0, 5.72), (13.0, 5.72)

CVFruta\_R\Cx\_HAMLIN = GRAPH(TIME)

(1.00, 5.90), (2.00, 5.90), (3.00, 5.90), (4.00, 5.90), (5.00, 5.90), (6.00, 5.90), (7.00, 5.84), (8.00, 5.72), (9.00, 5.72), (10.0, 5.72), (11.0, 5.72), (12.0, 5.72), (13.0, 5.72)

CVFruta\_R\Cx\_NV = GRAPH(TIME)

(1.00, 5.90), (2.00, 5.90), (3.00, 5.90), (4.00, 5.90), (5.00, 5.90), (6.00, 5.90), (7.00, 5.84), (8.00, 5.72), (9.00, 5.72), (10.0, 5.72), (11.0, 5.72), (12.0, 5.72), (13.0, 5.72)

CVFruta\_R\Cx\_PERARIO = GRAPH(TIME)

(1.00, 5.90), (2.00, 5.90), (3.00, 5.90), (4.00, 5.90), (5.00, 5.90), (6.00, 5.90), (7.00, 5.84), (8.00, 5.72), (9.00, 5.72), (10.0, 5.72), (11.0, 5.72), (12.0, 5.72), (13.0, 5.72)

CVFruta\_R\Cx\_PINEAPPLE = GRAPH(TIME)

(1.00, 5.90), (2.00, 5.90), (3.00, 5.90), (4.00, 5.90), (5.00, 5.90), (6.00, 5.90), (7.00, 5.84), (8.00, 5.72), (9.00, 5.72), (10.0, 5.72), (11.0, 5.72), (12.0, 5.72), (13.0, 5.72)

CVFruta\_R\Cx\_RUBI = GRAPH(TIME)

(1.00, 5.90), (2.00, 5.90), (3.00, 5.90), (4.00, 5.90), (5.00, 5.90), (6.00, 5.90), (7.00, 5.84), (8.00, 5.72), (9.00, 5.72), (10.0, 5.72), (11.0, 5.72), (12.0, 5.72), (13.0, 5.72)

Irrigacao\_%\_FMURCHA = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.00), (2.00, 0.00), (3.00, 0.00), (4.00, 16.0), (5.00, 10.0), (6.00, 10.0), (7.00, 10.0), (8.00, 10.0), (9.00, 0.00), (10.0, 0.00), (11.0, 0.00), (12.0, 0.00), (13.0, 0.00)

Irrigacao\_%\_HAMLIN = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.00), (2.00, 0.00), (3.00, 0.00), (4.00, 16.0), (5.00, 10.0), (6.00, 10.0), (7.00, 10.0), (8.00, 10.0), (9.00, 0.00), (10.0, 0.00), (11.0, 0.00), (12.0, 0.00), (13.0, 0.00)

Irrigacao\_%\_NV = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.00), (2.00, 0.00), (3.00, 0.00), (4.00, 16.0), (5.00, 10.0), (6.00, 10.0), (7.00, 10.0), (8.00, 10.0), (9.00, 0.00), (10.0, 0.00), (11.0, 0.00), (12.0, 0.00), (13.0, 0.00)

Irrigacao\_%\_PERARIO = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.00), (2.00, 0.00), (3.00, 0.00), (4.00, 16.0), (5.00, 10.0), (6.00, 10.0), (7.00, 10.0), (8.00, 10.0), (9.00, 0.00), (10.0, 0.00), (11.0, 0.00), (12.0, 0.00), (13.0, 0.00)

Irrigação\_%\_PINEAPPLE = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.00), (2.00, 0.00), (3.00, 0.00), (4.00, 16.0), (5.00, 10.0), (6.00, 10.0), (7.00, 10.0), (8.00, 10.0), (9.00, 0.00), (10.0, 0.00), (11.0, 0.00), (12.0, 0.00), (13.0, 0.00)

Irrigacao\_%\_RUBI = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.00), (2.00, 0.00), (3.00, 0.00), (4.00, 16.0), (5.00, 10.0), (6.00, 10.0), (7.00, 10.0), (8.00, 10.0), (9.00, 0.00), (10.0, 0.00), (11.0, 0.00), (12.0, 0.00), (13.0, 0.00)

ReducaoCustos\_% = GRAPH(TIME)

(1.00, 0.00), (2.00, 0.00), (3.00, 0.00), (4.00, 0.00), (5.00, 0.2), (6.00, 0.5), (7.00, 1.00), (8.00, 3.00), (9.00, 5.00), (10.0, 5.00), (11.0, 5.00), (12.0, 5.00), (13.0, 5.00)

RendSuco\_kg\Cx\_FMURCHA = GRAPH(TIME)

(1.00, 3.52), (2.00, 3.52), (3.00, 3.52), (4.00, 3.52), (5.00, 3.52), (6.00, 3.54), (7.00, 3.59), (8.00, 3.65), (9.00, 3.67), (10.0, 3.67), (11.0, 3.67), (12.0, 3.67), (13.0, 3.67)

RendSuco\_kg\Cx\_HAMLIN = GRAPH(TIME)

(1.00, 3.63), (2.00, 3.63), (3.00, 3.63), (4.00, 3.63), (5.00, 3.66), (6.00, 3.66), (7.00, 3.74), (8.00, 3.76), (9.00, 3.78), (10.0, 3.78), (11.0, 3.78), (12.0, 3.78), (13.0, 3.78)

RendSuco\_kg\Cx\_NV = GRAPH(TIME)

(1.00, 3.83), (2.00, 3.83), (3.00, 3.83), (4.00, 3.83), (5.00, 3.85), (6.00, 3.86), (7.00, 3.89), (8.00, 3.89), (9.00, 3.93), (10.0, 3.93), (11.0, 3.93), (12.0, 3.93), (13.0, 3.93)

RendSuco\_kg\Cx\_PERARIO = GRAPH(TIME)

(1.00, 3.90), (2.00, 3.90), (3.00, 3.90), (4.00, 3.90), (5.00, 3.90), (6.00, 3.90), (7.00, 3.90), (8.00, 3.90), (9.00, 3.95), (10.0, 3.95), (11.0, 3.95), (12.0, 3.95), (13.0, 3.95)

RendSuco\_kg\Cx\_PINEAPPLE = GRAPH(TIME)

(1.00, 3.77), (2.00, 3.77), (3.00, 3.77), (4.00, 3.77), (5.00, 3.76), (6.00, 3.78), (7.00, 3.78), (8.00, 3.77), (9.00, 3.77), (10.0, 3.77), (11.0, 3.77), (12.0, 3.77), (13.0, 3.77)

RendSuco\_kg\Cx\_RUBI = GRAPH(TIME)

(1.00, 3.74), (2.00, 3.74), (3.00, 3.74), (4.00, 3.74), (5.00, 3.74), (6.00, 3.70), (7.00, 3.71), (8.00, 3.69), (9.00, 3.67), (10.0, 3.67), (11.0, 3.67), (12.0, 3.67), (13.0, 3.67)

## **APÊNDICE G - Roteiro geral de entrevistas com especialistas para validação do modelo**

- 1) Tenho conhecimento para validar:
  - O modelo completo
  - Apenas a Produção Agrícola
  - Apenas a Produção Industrial
  - Outro (descrever):
  
- 2) Áreas de atuação:
  
- 3) Qual sua opinião geral sobre o modelo?
  
- 4) Dentro de seu conhecimento, as relações estão bem definidas?
  
- 5) As fórmulas estão adequadas aos resultados práticos?
  
- 6) As premissas estão coerentes com a prática?
  
- 7) Todos os aspectos relevantes do SAI foram considerados no modelo?
  
- 8) Os indicadores-chave estão compatíveis com resultados práticos?
  
- 9) O modelo tem aplicação prática?
  
- 10) O modelo pode contribuir na melhoria do SAI?
  
- 11) O modelo poderia ser usado pelo Consecitrus?
  
- 12) Quais mudanças / alterações você proporia para melhorar o modelo?