

## **Uso de Sistemas Especialistas para a avaliação de um processo agroindustrial**

Ciro Jardim Figueiredo <cjfigueiredo@museu-goeldi.br>  
Felipe Fonseca Tavares de Freitas <ffreitas.docente@gmail.com>  
Milton Helio Lima da Silva <miltonhelio@museu-goeldi.br>  
Breno Carvalheiro Sarmento <bcsarmento@museu-goeldi.br>  
Wander Murilo Alves Pereira <wmpereira@museu-goeldi.br>

*Resumo: O setor agrícola vem crescendo nos últimos tempos, em virtude de novas fontes produtivas. Na Amazônia cresce a perspectiva na produção de Piper aduncum L., planta produtora de óleo essencial usado no combate a pragas agrícolas. Portanto, estudos que viabilizem as etapas da cadeia produtiva são fundamentais. Logo, este estudo estabeleceu um método de controle para a padronização dos tempos de produção para o processo de corte de P. aduncum L. Os tempos de processos anteriores foram usados para elaboração de equações matemáticas que foram descritas em linguagem de programação o que automatizou a função de analisar o tempo de processo, caracterizando como um Sistema especialista. Resultando em uma análise imediata do processo extração o que facilitou a observação de ocorrências de falhas durante as etapas em questão, além da análise imediata de questões como fadiga ocasionada pelo excesso de trabalho e tarefas executadas de maneira errônea. Assim, métodos tecnológicos que possam ser usados em processo, incluindo agrícolas, são fundamentais para o melhoramento dos processos produtivos.*

*Palavras-chave: Sistemas produtivos; Agroindústria; Sistemas Especialistas.*

## **Use of Specialist Systems for the evaluation of a process of the agribusiness**

*Abstract: The agricultural section is growing in the last times, because of new productive sources. In the Amazonian it increases the perspective in the production of Piper aduncum L., it plants producing of essential oil used in the combat to agricultural curses. Therefore, studies that make possible the stages of the productive chain are fundamental. Like this, this study established a control method for the standardization of the times of production for the process of cut of P. aduncum L. The times of previous processes were used for elaboration of mathematical equations that they were described in programming language that automated the function of analyzing the time of process, characterizing as a specialist System. Resulting in an immediate analysis of the process extraction that facilitated the observation of occurrences of flaws during the stages in subject, besides the immediate analysis of subjects as fatigue caused by the work excess and executed tasks in an erroneous way. Like this, technological methods that can be used in process, including agricultural, they are fundamental for the improvement of the productive processes.*

*Keywords: Productive systems; Agribusiness; Specialist systems.*

## 1. Introdução

A região amazônica possui varias espécies de fauna e flora que são utilizadas por moradores de comunidades da região para o seu sustento. Tal diversidade pode ser usada de forma sustentável para o desenvolvimento econômico destas comunidades, com intuito de gerar o crescimento da economia local e o desenvolvimento por meio do beneficiamento destas espécies de fauna e flora.

Neste sentido, pesquisadores do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) vêm desenvolvendo um projeto de implantação de um sistema agroindustrial de uma espécie aromática com grande incidência em áreas desmatadas, vulgarmente conhecida como “pimenta de macaco” (*Piper aduncun* L, Piperaceae). Sendo motivados pelo grande desenvolvimento econômico agrícola que vem tomando espaço cada vez maior no contexto global (RIBEMBOIM, 2005). O que representa um diferencial no setor agrícola no estado Pará, visto que muitos empreendimentos possuem objetivos inovadores o os torna mais competitivo no mercado interno, ou, externo.

De acordo com Maia e Zoghbi (1998), esta espécie é de fácil propagação, capaz de produzir óleo essencial rico em Dilapiol, substancia com atividades fungicidas, moluscicidas, bactericidas, podendo servir de base para a produção de repelentes naturais contra os mosquitos transmissores da dengue e febre amarela (*Aedes egyptis* e *Anopheles marajoara*), respectivamente, mais detalhes ver em (BASTOS, 1997; FONTES JÚNIOR et al. 2002; MORANDIM et al. 2002; FAZOLIN et al. 2005; SILVA et al. 2007; ESTRELA et al. 2006).

Todavia, não houve até o presente momento um estudo sistemático para a projeção dos processos de beneficiamento da espécie *P. aduncun* L. até o estabelecimento de um projeto que viabilizasse a produção como vem ocorrendo atualmente.

A área onde está instalado o cultivo de *P. aduncun* L. fica localizado no município de St<sup>o</sup> Antônio do Tauá, nordeste do estado do Pará, com cerca de 5 ha de área cultivadas na estação base, onde estudos são realizados. Atualmente já foi sistematizado em nível piloto de produção as etapas do sistema de cultivo apresentadas por Figueiredo e Silva (2009), além da otimização das etapas de corte e extração da biomassa que serviram de base para este estudo (FIGUEIREDO et al. 2010).

O sistema operacional de extração de biomassa da *P. aduncun* L. ocorre sem o uso de máquinas colheitadeiras, pois o espaçamento entre os indivíduos de plantas inviabiliza a inserção das mesmas. A realização da extração do material ocorre com uso de facões, comumente usados na agricultura familiar, o que reduz os custos na hora realizar esta etapa.

Assim, o objetivo deste estudo foi padronizar os tempos de extração, com base nos estudos de Programação linear para mensurar o tempo de extração, tendo como referencia tempos pré-estabelecidos. As equações foram desenvolvidas em linguagem de programação para automatização do sistema, caracterizando a aplicação prática como um Sistema especialista.

O artigo segue organizado da seguinte forma: na Seção 2 é apresentada a Fundamentação teórica, posteriormente a Seção 3 contempla a Metodologia utilizada no trabalho. Em seguida a descrição do problema e elaboração do modelo, em seguida a Seção 6 discute os resultados os resultados encontrados e finalmente a Seção 7 contempla as conclusões acerca do estudo.

## **2. Fundamentação teórica**

Esta seção esta dividida na abordagem de Sistemas especialistas, onde foi feita uma revisão geral sobre o assunto, desde o surgimento até o seu uso real. Baseado nos conceitos de Inteligência Artificial, no qual está ligado. Em seguida é abordado o tempo sobre Programação linear e seus conceitos básicos que servem para elaboração de equações matemáticas que foram implementadas em linguagem de programação.

### **2.1 Sistemas Especialistas**

Para o entendimento de Sistemas Especialistas (SE), deve-se conhecer o conceito de Inteligência Artificial (IA) no qual se refere como parte das ciências da computação como o conjunto de informações repassadas ao computador, sendo estas informações características associadas ao conhecimento humano, à inteligência (BARR e FEIGENBAUM, 1981). Ainda é possível ressaltar que a IA está dividida em três áreas: processamento de linguagem natural, desenvolvimento de robôs inteligentes e os SE's. Este último, foco deste trabalho, objetiva desenvolver programas que simulem o comportamento humano para armazenar, seqüenciar informações e auto-aprender com base nos experimentos práticos impostos pela situação em estudo.

O conceito de SE's, segundo Oliveira (2008), surge quando os pesquisadores enxergam as dificuldades impostas ao tentar se revolver diversos problemas utilizando algoritmos simbólicos. Partindo desta situação, é proposta a criação de sistemas inteligentes que, codificando problemas reais, criam os algoritmos especialistas. Portanto, os SE's podem ser entendidos como específicos a cada situação para qual são desenvolvidos e aplicados.

Para um sistema especialista entrar em funcionamento, este deve ser “alimentado” com informações específicas e orientado a executar determinadas tarefas para qual se requer o seu uso. Estas etapas, segundo Keller (1991), são construídas com base no conhecimento de um especialista da área de conhecimento no qual o problema se relaciona, na qual as variáveis usadas são programadas e posteriormente simuladas com base no conhecimento do especialista. Rich (1988) sugere o uso de SE's quando os modelos desenvolvidos pelo homem tornam-se amplos, devido a sua complexidade, o que dificulta a sua execução, sendo esta mais simples e facilmente viabilizada com o uso de computadores baseados em linguagens de programação.

Mendes (1997) comenta o quanto se torna fácil o desenvolvimento de SE por meio do uso de microcomputadores, o que conseqüentemente os populariza e os deixam acessíveis. Portanto, o estudo da modelagem dos problemas torna-se essencial podendo ser aplicado nas mais diversas áreas do conhecimento, como: agricultura, química, sistemas de computadores, eletrônica, engenharia, gerenciamento de informações, etc. (CONTESSA et al. 2001).

### **2.2 Programação linear**

O uso de tecnologias que possam coordenar e controlar sistemas de produção em processos discretos está sendo cada vez mais relevante sobre as operações (SLACK e LEWIS, 2009). Estas aplicações tecnológicas podem variar bastante no contexto dos sistemas de produção, objetivando melhorá-los.

De acordo com Ragsdale (2009), a aplicação de modelos matemáticos como fonte tecnológica tornou-se, nos últimos anos, ferramenta fundamental para a tomada de decisão em diversos casos da realidade. Tendo a Programação linear (PL) um ramo da Pesquisa Operacional que busca, por meio de soluções matemáticas exatas, solucionar problemas reais com uso de soluções ótimas, como uma destas ferramentas de tomada de decisão.

De acordo com Filho et al. (2009), estes recursos de computação do mundo atual são fundamentais na tomada de decisão, baseados em modelos reais, e que são estudados tanto na academia como na indústria. O termo Programação linear é sugerido devido à organização das fórmulas matemáticas se darem em linhas. Podendo ser aplicada na agricultura, planejamento e controle da produção, logística e demais áreas de interesse.

A PL é uma técnica matemática que consiste em determinar soluções ótimas em uma função objetivo, para determinado problema, visando à maximização ou minimização do resultado. Hillier e Lieberman (1972); Lustosa e Nanci (2008) comentam com relação a PL como uma função objetivo que está sujeita a restrições matemáticas na condição de equações ou inequações. É uma técnica simples, de fácil utilização, na qual sua modelagem pode ser aplicada e estruturada em linguagem de computador (SILVA, et al. 2009). Portanto, modelos lineares podem ser aplicados por meio de linguagem de programação, consequentemente automatizando determinadas tarefas rotineiras o que caracteriza como um SE, pois instrui o computador a realizar comandos de forma mais rápida e eficácia do que o homem.

### 3. Metodologia

Este estudo está classificado como uma pesquisa de natureza aplicada, pois a solução é a resposta para um problema prático. E envolve uma análise quantitativa, pois as informações são numéricas e servem para a solução dos problemas em questão (SILVA e MENEZES, 2005).

Para a criação das equações matemáticas, foram estudados os tempos previamente cronometrados em operações anteriores, cada operação é composta de seis tarefas, descritas no Quadro 1. Em cada tarefa foram cronometrados os tempos e o tempo total, totalizando 38 operações cronometradas.

Para avaliar o tempo médio foi adotado o teste de hipóteses com hipótese  $H_0$ : os dados podem ser estudados por uma distribuição normal dos tempos, com média de 49 minutos e 50 segundos. Para isto foi usado o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov. O teste consiste na observação da maior diferença observada entre a função de distribuição acumulada do modelo e a da amostra, (equação 1). Então, compara-se o valor crítico tabelado em função de  $\alpha$  e  $n$ , com o valor de  $d$ , se  $d$  for inferior ao valor crítico aceita  $H_0$  (COSTA NETO, 2002). Os dados foram analisados através do pacote Statfit do *software* ProModel<sup>®</sup> 7.5

$$d = \max|F(x) - G(x)| \quad (1)$$

O desenvolvimento das equações matemáticas esteve baseado nos modelos propostos por Arenales et al. (2007), nos quais foram desenvolvidos para avaliação dos tempos de execução de projetos, considerando os tempos de atrasos e avanços durante o tempo total do projeto. Estes atrasos e avanços são considerados no tempo total de execução e posteriormente comparados com dados passados que determinam se houve atraso, ou, não em um dado projeto.

Para este estudo, um avanço no tempo de determinada tarefa é a comparação entre o tempo atual desta mesma tarefa comparado com a tarefa de tempo médio estudado (dados passados). Por conseguinte, para o tempo de atraso é feito o mesmo comparativo. O tempo total é o comparativo com o tempo médio total que corresponde a 49 minutos e 50 segundos.

Os tempos da amostra realizada foram armazenados em planilhas Excel 2007. Com o desenvolvimento das equações matemáticas, a linguagem de programação foi implementada em Visual Basic for Applications (VBA) associada a macros, já instalada no pacote Microsoft Office<sup>®</sup>. No caso deste estudo, sua interface com o usuário foi projetada em planilhas Excel.

O desenvolvimento e os testes foram realizados em microcomputador Intel Celeron, 1.86GHz com 1GB de memória RAM e 120 de gigabytes de memória de cachê, o tempo de execução não durou pouca mais de alguns segundos.

#### 4. Descrição dos processos

A coleta ocorreu com a composição de seis operários e mais um membro de apoio para marcação do tempo. O primeiro e o segundo operários iniciam o processo analisado, cortando as plantas. São feitos dois cortes: um para destacar a planta do solo e outro para separar o caule da parte com concentração de folhas. Em seguida o material é amontoado no chão. O material espera para a chegada dos operários três, quatro, cinco e seis que divididos em duplas, coletam caule e folhas e armazenam em recipiente próprio para, em seguida, transportar até o local de pesagem. Após pesado, o material foliar é armazenado na área de secagem. Cada operação é composta pelas tarefas descritas acima e a operação representa uma fileira de *P. aduncum* L. A visualização pode ser simplificada através da carta de operações, abaixo.

Descrição	Símbolo
1. Dois cortes	○
2. Espera dos caules e folhas	□
3. Armazenagem dos caules e folhas	▽
4. Transporte	⇒
5. Pesagem	□
6. Estocagem no caminhão	▽

QUADRO 1 – Etapas de processamento que foram analisados. Fonte: Adaptado de Martins e Laugeni (2005).

#### 5. Descrição do modelo

As equações desenvolvidas seguem descritas abaixo:

$$\sum_{i=1}^n \tau_i \quad (2)$$

- representa a soma dos tempos a serem cronometrados da cada tarefa *i*;

$$\sum_{j=1}^n \alpha_j \quad (3)$$

- representa a soma dos atrasos de cada tarefa. Essa função é acionada quando o sistema detectar, por meio da comparação, se o tempo  $t_i$  da operação está superior ao tempo  $\mu_i$  da tarefa padrão. Então irá realizar:  $(t_i - \mu_i)$  Para manter o valor de atraso positivo para adicionar ao tempo total da operação;

$$\sum_{k=1}^n v_k \quad (4)$$

- representa a soma dos avanços de cada tarefa. Essa função é acionada quando o tempo  $t_i$  de cada tarefa está inferior ao tempo  $\mu_i$  da tarefa padrão. Então irá realizar  $(\mu_i - t_i)$  para manter o valor do avanço negativo para ser subtraído do tempo total;

$$TT_{min} = \sum_{i=1}^n \tau_i + \sum_{j=1}^n \alpha_j - \sum_{k=1}^n v_k \quad (5)$$

- o tempo total, cujo objetivo é minimizar esse valor de cada operação, leva em consideração o atraso que é adicionando ao tempo total e avanço que é subtraído do tempo total.

## 5.1 Implementação

Com as equações desenvolvidas, o algoritmo foi codificado em linguagem Visual Basic for Applications, (VBA) parte do pacote de planilhas de dados Microsoft Excel®. De simples utilização, a linguagem VBA foi usada, pois apresenta fácil desenvolvimento e pode ser usada em diversos casos reais a fim de flexibilizar problemas, dentre os quais os problemas de Programação linear (VÉSICA, 2009).

O Quadro 1 mostra o pseudocódigo do algoritmo escrito em linguagem VBA. Nas linhas iniciais são declaradas as variáveis de entrada, que são os valores de cada tempo  $t_i$  das tarefas, respectivamente. O uso da função condicional **Se** se destina à comparação dos valores de tempo de cada tarefa ( $t_i$ ), com as médias ( $\mu_i$ ). O código instrui a execução da operação de subtração para cada caso, para determinar se houve atraso ou avanço na tarefa ( $t_i$ ). As alterações nas ordens de subtração entre  $\mu_i$  e  $t_i$  servem para evitar valores negativos, pois se tratam de tempos. Em seguida é calculado o tempo total, levando-se em consideração os atrasos e avanços de cada tarefa.

1 Var entrada:	$t_i = 1$ Variáveis de entrada dos tempos de cada tarefa $t_i$
2 inserir tempo	$t_i$ inserção dos tempos
3 <b>Select_activecell</b>	seleciona célula ativa
4 $\sum_{i=1}^n t_i$	Soma os tempo de cada tarefa $t_i$
5 se $t_i > \mu_i$ faça	caso $t_i$ maior que valor de $\mu_i$
6 $t_i - \mu_i = \alpha_j$	Executar
7 $\sum_{j=1}^n \alpha_j$	somar valores do atraso
8 <b>Else</b>	caso contrário
9 If $t_i < -\mu_i$ faça	se $t_i$ menor, ou, igual a $\mu_i$
10 $\mu_i - t_i = \nu_k$	Executar
11 $\sum \nu_i$	some os valores de avanço
12 <b>Fim do se</b>	fim da função <b>Se</b>
13 <b>Faça</b>	
14 $TT = \sum_{i=1}^n t_i + \sum_{j=1}^n \alpha_j - \sum_{k=1}^n \nu_k$	operar com os valores de somatório se tempo $Temp_{total}$ menor, ou, igual tempo de tarefas
15 Se $TT \leq T_{mi}$	
16 MsgBox “tempo padrão alcançado”	retornar com caixa texto
17 <b>Else caso contrário</b>	
18 MsgBox “checar operação”	retornar caixa texto
19 <b>Fim do se</b>	fim da condicional
20 <b>Loop</b>	iniciar nova sequencia

QUADRO 1 – Pseudocódigo para o modelo desenvolvido

## 6. Apresentação e Discussão de Resultados

O teste de hipóteses, com método de aderência de KS, afirma que a amostra de tempos pode ser estudada segunda uma distribuição normal com média tempo de 49 minutos e 50 segundos, com valor calculado em 0,0721 e tabelado em 0,224, logo inferior, aceitando a hipótese nula.



Das equações desenvolvidas todas obtiveram sucesso em seus cálculos. Ou seja, nenhuma apresentou erro de lógica, ou, erro algébrico em suas respectivas resoluções. Estando a preocupação maior na lógica do problema, quando o tempo de cada tarefa tivesse que ser comparado com o tempo base em cada tarefa. Portanto, o uso da condição “se” usados em problemas de condição, foi fundamental na elaboração do modelo. Sendo algo simples, mas que permitiu uma economia de tempo valiosa para o cálculo do mesmo.

Sua implementação em linguagem computacional permitiu gerar uma interface de fácil manuseio (ver Anexo) com o operador do sistema. Já que a mesma esteve na própria planilha, onde a única função é cronometrar o tempo de cada tarefa e inseri-la imediatamente no computador, alimentando com informação. Em seguida pressionar um “botão” que calcula de maneira instantânea o tempo total para operação em análise. O que o caracteriza como um Sistema especialista, pois ao invés do operador ter que calcular o tempo de cada tarefa uma a uma, ele só precisa inserir no computador as informações do tempo de cada tarefa.

Outra consideração importante diz respeito a análise contínua das operações. Pois, com observações constantes do tempo, pode-se inferir de imediato, quantas operações uma equipe de operários consegue manter um ritmo médio de tempo igual, ou, inferior a 49 minutos e 50 segundos tomado como base. Além, de poder verificar em que tarefas podem estar ocorrendo falhas de operação. Por exemplo, o tempo total pode estar dentro do estabelecido, porém a tarefa 3 eventualmente, pode apresentar elevação de tempo, o que pode significar fadiga, comum devido ao clima, pois esta tarefa exige um esforço físico maior dos envolvidos.

Outro exemplo, seria o tempo da tarefa 5 pode estar muito abaixo da média, o que pode significar que o operário está executando a pesagem rápido demais, o que pode ser realizado de forma incorreta, gerando dados errôneos que comprometem os resultados futuros que são fundamentais para análise completa do processo.

## **7. Conclusões**

A aplicação no âmbito da tecnologia da informação em processos agrícolas e ambientes onde pouco se conhece a respeito do assunto torna-se algo inovador com o passar do tempo. Neste contexto, é possível afirmar sobre a modelagem matemática como ferramenta de gerenciamento que auxilia na tomada de decisão com a aplicação em SE.

Foi possível estabelecer um tempo mínimo a partir do controle de tempos e criar um modelo matemático que regulasse este tempo com a aplicação em linguagem de computador. Sua aplicação em linguagem de programação torna-se simples e sua colocação em prática a torna flexível, em virtude da automatização de funções rotineiras que, quando realizadas em caráter rudimentar, ocasionavam atraso e desperdício de tempo dos processos, logo a denominação de sistemas especialistas, técnicas criadas pelo homem e “ensinadas” a máquinas para que facilitem a execução destas atividades.

Devido a não complexidade dos processos, mais informações que pudessem gerar aplicações com resultados mais precisos não puderam ser acrescentadas no contexto em si. Como o uso de modelos que pudessem estimar o tempo de forma mais precisa. Esta causa é justificada pelo fato do trabalho ter sido realizado com pessoas, tornando-o subjetivo em determinados momentos, como a não manutenção do tempo constante depois de um certo número de operação, pois a fadiga é algo inevitável.

Por fim, sistemas de produção dos mais variados podem e devem ser auxiliados por ferramentas de otimização, melhoramento de processos e sistemas informatizados. O caso estudado levou ao aperfeiçoamento das metas previstas com relação às operações realizadas

por meio de uma simples elaboração de funções matemáticas e sua aplicação em sistema de linguagem de programação. Para estudos futuros, se espera o estudo contínuo de ferramentas de cunho técnico que devem ser implantadas em outras etapas do projeto.

### **Agradecimentos**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado do Pará e ao Museu Paraense Emílio Goeldi, pelo apoio financeiro e a infra-estrutura fornecida.

### **Referências**

- ARENALES, M. N.; ARMENTANO, V. A.; MORABITO, R.; YANASSE, H. H. *Pesquisa Operacional*: para cursos de Engenharia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- BASTOS, C. N. Efeito do óleo de *P. aduncum* L. sobre *Clinipellis pernicioso* e outros fungos fitopatogênicos. *Fitopatologia brasileira*, Brasília, v. 3, n.22, p.441-443, 1997.
- CONTESSA, D. F.; MARQUEZAN, C. C.; POLINA, E. R.; MACHADO, R.; PY, M. X.; DIVERIO, T. A. Simulador da Máquina de Turing Paralela com memória compartilhada. *Revista Eletrônica de Iniciação Científica* v. 1, 2001.
- COSTA NETO, P. L. O. Estatística 3 ed. São Paulo: Blücher, 2002.
- BARR, A.; FEIGENBAUM, E. *The Handbook of Artificial Intelligence*. Los Altos, California: William Kaufmann Inc., 1981. vi-II
- ESTRELA, J. L. V.; FAZOLIN, M.; CATANI, V.; ALÉCIO, M. R.; LIMA, M. S. Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervium* em *Sitophilus zeamidis*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, n.2, p.217-222, 2006.
- FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V.; CATANI, V.; LIMA, M. S.; ALÉCIO, M. R. Toxicidade do óleo de *Piper aduncum* L. a adultos de *Cerotoma tingomarianus* Bechyne (Coleoptera: Chrysomelidae). *Neotropical Entomology*. v. 34 n. 3, p.485-489, 2005.
- FIGUEIREDO, C. J. J.; SILVA, M. H. L. Implantação de processos para estudo do gênero *Piper* com o uso em Usina destiladora de óleo essencial. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 17., 2009, Belém. *Resumos...* Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2009.
- FIGUEIREDO, C. J. J.; SILVA, M. L.; SARMENTO, B. C.; PEREIRA, W. M. A.; CHAVES, L. F. Utilização de técnicas operacionais para otimização dos processos de corte e colheita de *Piper aduncum* L. *INGEPRO*, v. 2, n.3, p.37-45. 2010.
- FILHO, O. S. S.; CEZARINO, W.; RATTO, J. Planejamento agregado da produção: modelagem e solução via planilha Excel & Solver. *Revista Produção On-line*, v. 9, n. 3. 2009.
- FONTES JÚNIOR, E. A.; SOUZA, P. J. C.; SOUZA, R. C., MAIA, J. G. S.; SANTOS, A. M. S. Atividade antiinflamatória e analgésica do óleo essencial de *Piper aduncum* In: Reunião Anual da Federação de Sociedade de Biologia Experimental, 17. 2002. Salvador-Ba: FESBE 2002. *Anais...*Salvador-Ba: Mix Tecnologia Digital, 2002.
- HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. *Introduction to Operations Research*. San Francisco: Holden-day, Inc., 1972.
- KELLER, R. *Tecnologia de sistemas especialistas: desenvolvimento e aplicação*. São Paulo: Makron Books, 1991.
- LUSTOSA, L.; NANJI, L. C. Planejamento Agregado e Planejamento Mestre da Produção. In: LUSTOSA, L.; MESQUITA, M. A.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. (Org's) *Planejamento e Controle da Produção*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- MAIA, J. G. S.; ZOGHBI, M. G. B. Óleos Essenciais da Amazônia: inventário da Flora Aromática. In: FARIA, L. J. G.; COSTA, C. M. L. (org). *Tópicos Especiais em Tecnologia de Produtos Naturais*. UFPA/NUMA/POEMA, 302p. Belém, 1998.
- MARTINS, P. G. & LAUGENI, F. P. *Administração da Produção*. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.



MENDES, R. D. Inteligência artificial: sistemas especialistas no gerenciamento da informação. *Ciência da Informação*. v. 26, 1997.

MORANDIM, A. A.; NAVICKIENE, H. M. D.; REGASINI, L. O.; TELASCREA, M.; AGRIPINO, D.; FIRRI, A. F.; CAVALHEIRO, A. J.; KATO, M. J.; MARQUES, M. O. M.; BOLZANI, V. S.; YOUNG, M. C. M.; FURLAN, M. Comparação da composição química e atividade antifúngica dos óleos essenciais de *Piper aduncum* L., *P. arboreum* Aublet e *P. tuberculatum* Jacq. In: Simpósio de plantas medicinais do Brasil, 17. [CD-ROM]. Anais... Cuiabá: CBO, 2002.

OLIVEIRA, R. C. *Otimização multiobjetivo da confiabilidade via sistemas multiagentes baseado em colônias de formigas*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2008.

RAGSDALE, C. T. *Modelagem e Análise de Decisão*. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

RIBEMBOIM, J. A. Produtos agrícolas e mercados no agronegócio. In: CALLADO, A. A. C. (Org.) *Agronegócio*. São Paulo: Alas, 2005.

RICH, E. *Inteligência Artificial*. São Paulo: McGraw-Hill, 1988.

SILVA, E. M.; SILVA, E. M.; GONÇALVES, V. MUROLO, A. C. *Pesquisa Operacional* 3 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SLACK, N. & LEWIS, M. *Estratégia de operações*, 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação 4 ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

SILVA, W. C; RIBEIRO, J. D.; SOUZA, H. E. M.; CORRÊA, R. S. Atividade inseticida de *Piper aduncum* L. (Piperaceae) sobre *Aetalion* sp. (Hemiptera: Aetalionidae), praga de importância econômica no Amazonas. *Acta Amazonica*. v.32, n2, p.293-298, 2007.

VÉSICA, F. *VBA na prática para Excel*. São Paulo: Digerati Books, 2009.

## Anexo A

Toolbars													
A1													
Tempos de referência													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Tempos de referência		Operação 1	Operação 1	Operação 2	Operação 3	Operação 4	Operação 5	Operação 6	Operação 7	Operação 8	Operação 9	Operação 10
2	Dois cortes	13 t1		12	11	12,4	15	13	10	16	12	15	16
3	Espera para coleta	2,5 t2		3	2,4	2,3	3	3	3	3	3	2	3
4	Armazenagem	10 t3		8	5	9	9	8	10	11	11	11	9
5	Transporte	9,5 t4		9	9	7	10	8	9	8	8	10	9
6	Pesagem	4,5 t5		5	6	3	5	4	4	4	4	5	5
7	Estocagem	7 t6		6	7	6	7	6	8	8	7	8	6
8	Total	49,5 T		43	40,4	39,7	49	42	44	50	45	51	48
9		a1		0	0	0	2	0	0	3	0	2	3
10		a2		0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5
11		a3		0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
12		a4		0	0	0	0,5	0	0	0	0	0,5	0
13		a5		0,5	1,5	0	0,5	0	0	0	0	0,5	0,5
14		a6		0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
15	Executar	Ta		1	1,5	0	3,5	0,5	1,5	5,5	1,5	5	4
16		v1		1	2	0,6	0	0	3	0	1	0	0
17		v2		0	0,1	0,2	0	0	0	0	0	0,5	0
18		v3		2	5	1	1	2	0	0	0	0	1
19		v4		0,5	0,5	2,5	0	1,5	0,5	1,5	1,5	0	0,5
20		v5		0	0	1,5	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0
21		v6		1	0	1	0	1	0	0	0	0	1
22		Tv		4,5	7,6	6,8	1	5	4	2	3	0,5	2,5
23		TT		39,5	34,3	32,9	51,5	37,5	41,5	53,5	43,5	55,5	49,5

FIGURA 1 – Teste para o sistema desenvolvido.