

FACULDADE DO LITORAL SUL PAULISTA – FALS

TIAGO GREGÓRIO DA SILVA

MIX DE PRODUTOS

**OTIMIZAÇÃO DO LUCRO E DEFINIÇÃO DE MIX COM AUXÍLIO DO
SOLVER**

PRAIA GRANDE

2010

FACULDADE DO LITORAL SUL PAULISTA – FALS

TIAGO GREGÓRIO DA SILVA

MIX DE PRODUTOS

**OTIMIZAÇÃO DO LUCRO E DEFINIÇÃO DE MIX COM AUXÍLIO DO
SOLVER**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como exigência parcial para
obtenção do Título de Bacharel em
Administração, à Faculdade do Litoral Sul
Paulista – FALS, sob a orientação da Prof.
Ms. Ulisses Tetti.

PRAIA GRANDE

2010

TIAGO GREGÓRIO DA SILVA

MIX DE PRODUTOS
OTIMIZAÇÃO DO LUCRO E DEFINIÇÃO DE MIX COM AUXÍLIO DO
SOLVER

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como exigência parcial para
obtenção do Título de Bacharel em
Administração, à Faculdade do Litoral Sul
Paulista – FALS, sob a orientação da Prof.
Ms. Ulisses Tetti.

Praia Grande, ____ de _____ de 2010

Parecer da Banca Examinadora: TCC Aprovado ()
Reprovado ()

Prof. Ms. Ulisses Tetti (Professor Orientador)

Prof. Ms. Ulisses Tetti (Professor responsável pela disciplina)

RESUMO

O trabalho tem como temática a Pesquisa Operacional e uma de suas vertentes, a Programação Linear, e como elas podem ser utilizadas na formulação de um *mix* de produtos utilizando uma ferramenta que, se está presente no cotidiano diário das organizações de todos os portes, é utilizada de maneira limitada: a planilha de cálculo Microsoft Excel e o suplemento Solver. Sem exigir conhecimentos profundos de cálculo ou quantidades absurdas de dados, a ferramenta pode nos auxiliar a tomar decisões relacionadas a produção de produtos, ou *mix* de mercadorias.

Para demonstrar a utilização, realizou-se uma pesquisa de campo em uma empresa de pequeno porte do ramo de papéis, que gentilmente cedeu todos os dados necessários à elaboração e conclusão do estudo de caso.

Palavras-chave: Pesquisa Operacional; Programação Linear; Otimização de recursos; Solver

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 HISTÓRICO DA PESQUISA OPERACIONAL.....	7
2.1 A NATUREZA DA PESQUISA OPERACIONAL.....	9
2.2 TEORIA DAS RESTRIÇÕES.....	10
2.3 PROGRAMAÇÃO LINEAR	11
3 ESTUDO DE CASO – SOUZAPEL CORTES DE PAPEL	16
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
APÊNDICE A – RELATÓRIO DE RESPOSTA SOLVER 1	28
APÊNDICE B – RELATÓRIO DE SENSIBILIDADE SOLVER 1.....	29
APÊNDICE C – RELATÓRIO DE LIMITES SOLVER 1.....	30
APÊNDICE D – RELATÓRIO DE RESPOSTA SOLVER 2	31
APÊNDICE E – RELATÓRIO DE SENSIBILIDADE SOLVER 2.....	32
APÊNDICE F – RELATÓRIO DE RESPOSTA SOLVER 2.....	33

1 INTRODUÇÃO

A palavra trabalho vem do latim *tripalium*, que era uma espécie de instrumento de tortura ou uma canga que pesava sobre os animais. Esta definição nos dá a idéia de como o trabalho na antiguidade era considerado algo indigno ao homem livre.

A primeira forma de trabalho na qual um homem trabalhava para outro foi a escravidão. Antes disso, o trabalho exercido era apenas uma atividade individual, ou seja, para a própria sobrevivência. Uma outra modalidade de trabalho foi a servidão, ocorrida na Idade Média. O homem era preso à terra, tirando dela o seu sustento e entregando parte da produção ao senhor feudal, caracterizando um tipo de escravidão branda.

Foi a Revolução Industrial que acabou transformando o trabalho em emprego. Os empregados, de uma maneira geral, passaram a perceber salários. Todavia, esta aparente liberdade e facilidade alcançada com o advento da máquina marcaram profundamente a trajetória da humanidade e do trabalho remunerado.

No decorrer das duas primeiras revoluções industriais, o homem veio perdendo seu lugar para as máquinas, mais ágeis, mais fortes e produtivas. Nestas duas fases, a força física não é mais o único integrante da mão-de-obra: passa a ser necessário aprender a operar as máquinas, ou seja, o uso das capacidades intelectuais. Na terceira revolução industrial, que é a tecnológica, ainda em andamento e que não terá fim, as exigências para se conseguir um bom emprego aumentam exponencialmente. Entretanto, as empresas têm consciência de que nada adianta ter tecnologia de ponta se a empresa não possui capital intelectual compatível, pois qualquer tecnologia sempre precisará de um grande profissional para desenvolvê-la e aplicá-la.

Esta pesquisa tem como objetivo mostrar a aplicação prática da Pesquisa Operacional em questões simples do cotidiano empresarial, em especial otimização do lucro e definição do *mix* de mercadorias.

O tema se revela importante porque envolve variáveis decisivas para as empresas que buscam os melhores resultados: produtividade e eliminação de perdas. No atual cenário empresarial, as grandes organizações têm a

consciência de que seu maior patrimônio é o fazer correto da primeira vez, com o menor emprego de recursos e com maior lucro. Erros e descuidos no mercado competitivo atual podem significar perda de oportunidades únicas, dinheiro e o temido mal que teima em acompanhar a economia nacional: o fracasso de novos empreendimentos, cujos índices atuais ainda continuam altos para um país com a imponente e potencial de desenvolvimento como o Brasil (SEBRAE-SP, 2008).

Como adendo, pretende-se mostrar que é possível, ainda que exija um nível médio de conhecimento e que as operações não sejam extremamente complexas, a aplicação das técnicas de pesquisa operacional em pequenos e médios negócios com a utilização de *softwares* já utilizados diariamente, só que de modo superficial: é o caso do Microsoft Excel, poderosa planilha de cálculo que possui um suplemento, o Solver, que atende satisfatoriamente a solução de problemas de pequeno e grande porte ligados à otimização de recursos.

A metodologia utilizada neste trabalho é a de pesquisa bibliográfica, utilizando-se para isso de livros, artigos e teses na área temática em questão e suas técnicas de aplicação. Para complementação da pesquisa, realizou-se um estudo de caso, com vistas à demonstração da aplicação do Solver na solução de problemas de programação linear.

O segundo capítulo versará sobre a história da Pesquisa Operacional e sua aplicação empresarial, menciona a Teoria das Restrições e a Programação Linear, e, por fim, tece recomendações sobre o processo de coleta e análise de dados.

No terceiro capítulo será demonstrado o estudo de caso a interpretação dos resultados.

Por fim, as considerações finais sobre o conhecimento adquirido e sobre a importância desta ciência no mundo contemporâneo.

2 HISTÓRICO DA PESQUISA OPERACIONAL

Desde o início da Revolução Industrial, no século XVIII, as organizações cresceram e ficaram mais complexas. As corporações de ofício e seus artesões deram lugar a corporações com alcance global e empresários e/ou acionistas milionários, quando não bilionários. Grande parte deste sucesso advém de da iniciativa de divisão do trabalho e especialização na gestão das organizações. Todavia, apesar de muito sucesso, a especialização em demasia desencadeou outras disfunções no funcionamento das empresas, que por incrível que pareça ocorrem ainda nos dias de hoje. Hillier e Liebermann (2006, p.1), definem este problema como:

[...] a tendência de as diversas unidades de uma organização crescerem em ilhas relativamente autônomas com seus próprios objetivos e sistemas de valor, perdendo, conseqüentemente, a visão de como suas atividades e seus objetivos se entremeiam com aquelas da organização como um todo. O que pode ser melhor para uma das unidades frequentemente é prejudicial à outra, de forma que as unidades pode acabar trabalhando em direção a objetivos conflitantes.

Deve existir sincronia e sinergia entre os objetivos de todas as atividades executadas para que não haja sobrecarga ou ociosidade em qualquer uma delas. No entanto, justamente o aumento nas escalas de produção dificulta o direcionamento dos recursos disponíveis para as diversas atividades.

Os primórdios da Pesquisa Operacional devem ser considerados quando da iniciativa de um olhar mais científico na gestão das organizações, ou seja, nas abordagens Clássica de Henri Fayol e Científica de Frederick Taylor. Contudo, seu aprimoramento e aplicação prática com a denominação Pesquisa Operacional ocorreu durante a 2ª Guerra Mundial, quando cientistas da Inglaterra e EUA (Estados Unidos da América) foram convidados para estudar problemas de estratégia e de tática associados com a defesa do país e decidir sobre a utilização mais eficaz de recursos militares limitados. Taxativamente, conforme Hillier e Liebermann (2006, p.1) “Ihes foi solicitado a realização de pesquisas sobre operações militares”.

A convocação do grupo da Inglaterra marcou a primeira atividade formal de pesquisa operacional.

Os grupos analisaram e estudaram problemas como: desenvolvimento, operação e localização de radares, gerenciamento e controle de navios de apoio, planejamento de ataques aéreos, lançamento de bombas contra submarinos, defesa das comunidades européias contra ataques aéreos inimigos, abastecimento de tropas, comunicações e alimentos, operações de mineração, dentre outras.

A aplicação de métodos matemáticos e científicos para ajudar as operações militares foi chamada “Operational Research” ou “Operations Research”. Em 1947, a equipe liderada por George B. Dantzig, dos EUA, convocada durante a Segunda Guerra Mundial, fez a primeira formulação de um problema de programação linear, sendo que ao resultado dessa pesquisa deu-se o nome de Método Simplex.

Após a guerra, o uso da Pesquisa Operacional se estendeu à outras áreas.

O desenvolvimento do hardware e software dos computadores (processamento, memória, armazenamento) influenciou o progresso da Pesquisa Operacional, através do desenvolvimento de programas de apoio que são interativos, permitindo a participação do usuário ao longo do processo de análise e cálculos.

Problemas de Pesquisa Operacional são, genericamente, modelados na forma de uma função objetivo (por exemplo, maximizar o lucro da empresa) e restrições (associadas, por exemplo, à disponibilidade de matérias-primas, mão-de-obra, tempo de máquinas.). A chave do algoritmo simplex está no formato da região limitada pelas restrições, comum a todos os problemas de Pesquisa Operacional, conforme verificado por Dantzig; tal região é denominada simplex. Quaisquer dois pontos selecionados no contorno de um simplex, quando unidos por uma linha, resultam em uma linha inteiramente contida dentro do simplex.

A partir dessa constatação, a busca pela solução ótima em problemas de Pesquisa Operacional passou a ser limitada a pontos extremos

da região simplex, o que permitiu o desenvolvimento de um algoritmo de baixa complexidade computacional por Dantzig.

2.1 A NATUREZA DA PESQUISA OPERACIONAL

Em uma interpretação pragmática do seu nome, a Pesquisa Operacional versa sobre o levantamento de dados e aprofundamento de conhecimentos sobre atividades comuns e rotineiras, sejam elas de origem militar ou organizacional. Por seu aspecto abrangente, o método tem sido aplicado em áreas diametralmente distintas como comércio, telecomunicações, transportes, serviços públicos e planejamento financeiro, além de outras aplicações.

O aprofundamento no conhecimento do problema se dá por intermédio do método científico, com a observação cuidadosa e coleta dos dados essenciais sobre uma determinada característica: uma investigação. Na sequência, conforme Hillier e Liebermann (2006, p.2) constrói-se um modelo matemático objetivando abstrair¹ a essência ou origem do problema. Com isso, hipoteticamente pressupõe-se que o modelo desenvolvido é uma representação fiel ao estado atual da situação e que as soluções alcançadas com o estudo são passíveis de aplicação. Dando prosseguimento, são realizados experimentos para testar a hipótese, realizar as modificações necessárias e, porventura, verificar outra hipótese, situação conhecida como validação do modelo.

Amiúde, todo o desenvolvimento de um modelo matemático de Pesquisa Operacional visa encontrar uma solução satisfatória, ou ótima, para o problema que originou o modelo. Hillier e Liebermann (2006, p.2), afirmam que o uso do artigo **uma** ao invés de **a** (grifo nosso) é o correto pelo fato de que é comum ocorrerem várias soluções adequadas, e não somente uma. Não se

¹ Na definição do Dicionário Houaiss, abstração é a operação intelectual, compreendida por Aristóteles (383 a.C.-322 a.C.) e Tomás de Aquino (1227-1274) como a origem de todo o processo cognitivo, na qual o que é escolhido como objeto de reflexão é isolado de uma série de fatores que comumente lhe estão relacionados na realidade concreta.

trata apenas de melhorar o estado da arte, mas sim de identificar a melhor oportunidade.

Por conseguinte, a complexidade de um estudo em Pesquisa Operacional exige uma equipe multifuncional, composta de matemáticos, físicos, engenheiros e cientistas da computação, estatísticos, economistas, administradores, profissionais das ciências comportamentais e, por fim, especialistas em cada técnica aplicada na Pesquisa Operacional. Isso se faz necessário diante da incerteza relativa aos desdobramentos do problema e seu enlace com as rotinas organizacionais.

2.2 TEORIA DAS RESTRIÇÕES

A TOC (*Theory of Constraints*, em português, Teoria das Restrições) teve início na década de 70, quando o físico israelense Eliyahu Goldratt se envolveu com temáticas relacionadas à logística de produção. Goldratt desenvolveu uma formulação matemática para o planejamento de uma fábrica que produzia gaiolas para aves. Essa formulação, conforme afirma Bernardi apud Bodanese (2005) tornou-se a base do software OPT (Optimized Production Technology, ou, em tradução livre, Tecnologia de Produção Otimizada). Este software sofreu uma série de aperfeiçoamentos a partir da experiência prática proporcionada pela implantação do sistema.

Goldratt, ao estudar os problemas de produção, percebeu que os problemas e suas soluções possuíam princípios específicos e pontuais, de lógica e obviedade claras. Não obstante, o pensamento tradicional no gerenciamento dos problemas empresariais bloqueavam sua visualização.

Ainda segundo Goldratt, existem dois tipos de restrições (Bernardi apud Bodanese, 2005):

- Físicas: mercado, fornecedor, máquinas, materiais, pedido, projeto, pessoas ou mão-de obra;
- Políticas: normas, procedimentos e práticas usuais do passado.

O raciocínio de Goldtratt concatena políticas de JIT (Just in Time) e TQM (Total Quality Management, ou Gestão da Qualidade Total), caracterizando-os, juntamente com sua TOC, como novas filosofias de gerenciamento global. Ele afirma que esses enfoques consubstanciaram-se nos três poderosos movimentos que, nos anos 80, desafiou quase tudo o que era previamente aceito (Guerreiro *apud* Bodanese, 2005).

A TOC é baseada no princípio de que existe uma causa comum para muitos efeitos, de que os fenômenos que vemos são conseqüências de causas mais profundas, encarando a empresa como um sistema, um conjunto de elementos entre os quais há alguma relação de interdependência. Cada elemento depende um do outro de alguma forma, e o desempenho global do sistema depende dos esforços conjuntos de todos os seus elementos.

A partir desse raciocínio foi criado o processo de otimização contínua da TOC, sempre conduzindo os esforços em direção à meta de qualquer sistema, contendo cinco etapas (Corbett *apud* Bodanese, 2005):

- Identificar a(s) restrição(ões) do sistema;
- Decidir como explorar a(s) restrição(ões) do sistema;
- Subordinar tudo o mais à decisão acima;
- Elevar a(s) restrição(ões) do sistema;
- Se, num passo anterior, uma restrição foi quebrada, volte à primeira etapa, mas não deixe que a inércia cause uma restrição no sistema.

2.3 PROGRAMAÇÃO LINEAR

A Programação Linear é uma técnica de planejamento que vem se constituindo como uma das mais poderosas em quase todos os ramos da atividade humana (Gonçalves *apud* Bodanese, 2005). Seus benefícios são exatamente aqueles procurados por qualquer empresa: diminuição dos custos e aumento dos lucros. Em algumas organizações ela está, inclusive, embutida em suas rotinas informatizadas de planejamento diário dos processos de

operação. Essa técnica foi criada em 1946 e tem sido aplicada nas áreas mais diversas. Algumas aplicações se tornaram clássicas, tais como (Prado, 2007, p. 16):

- Formulação de alimentos, rações e adubos;
- Blindagem de ligas metálicas e petróleo;
- Transporte;
- Localização industrial;
- Carteira de ações (Investimentos);
- Alocação de recursos em fábricas, fazendas, escritórios, etc;
- Designação de pessoas e tarefas (composição de tabelas de horários);
- Corte de barras e chapas.

Conforme Hillier e Liebermann (2006, p.8), a grande dificuldade encontrada pelos profissionais da área de Pesquisa Operacional é a requisição efetuada pela área que necessita de um modelo para a busca de uma solução ótima, geralmente vaga e imprecisa. Caso não se proceda com perícia nesta fase de levantamento de informações, é improvável que se obtenha algo útil, visto que não é auspicioso tecer conclusões acerca do que não se conhece.

Neste contexto, é preciso entender que uma equipe de Pesquisa Operacional é externa e trabalha na qualidade de consultores, ainda que faça parte do quadro da empresa (Hillier e Liebermann, 2006, p.9). O papel que cabe à equipe de Pesquisa Operacional é analisar minuciosamente o problema e apresentar recomendações aos responsáveis pelo negócio. Grosso modo, conforme Hillier e Liebermann (2006), são apresentadas alternativas de atuação de acordo com suposições ou segundo um lapso de valores (relação custo x benefício). Não são eles que tomarão as decisões fundamentais, mas sim um gerente ou diretor.

Hillier e Liebermann (2006, p.9) sugerem este enfoque:

Para organizações com fins lucrativos, uma abordagem possível para contornar o problema de subotimização é usar a maximização de lucros no longo prazo (levando-se em conta o valor do dinheiro no tempo) como o único objetivo. A qualificação no longo prazo indica que este objetivo fornece a flexibilidade de considerar-se atividades

que não se traduzem imediatamente em lucros (por exemplo, projetos de pesquisa e desenvolvimento), mas precisam fazê-lo com o tempo de modo a valer a pena. Essa abordagem tem seus méritos. Esse objetivo é suficientemente específico para ser usado de forma conveniente e ainda assim ser suficientemente abrangente para abarcar o objetivo básico das organizações que visam ao lucro. De fato, algumas pessoas acreditam que todos os demais objetivos legítimos pode ser traduzidos neste último.

Ainda no escopo da definição do problema, a Pesquisa Operacional olha a empresa de maneira sistêmica, preocupando-se com o equilíbrio dela como um todo e não desta ou daquela parte específica. Com este horizonte, os objetivos vislumbrados por intermédio desta ferramenta devem ser comuns a toda a organização e não somente a um membro ou equipe. Neste sentido, podemos elencar as partes afetadas em uma pesquisa em uma empresa com finalidade de lucro (Hillier e Liebermann, 2006, p.9-10):

- Os proprietários (acionistas), que desejam lucros;
- Os empregados, que desejam estabilidade no emprego e salários razoáveis;
- Os clientes, que anseiam por qualidade a preços menores;
- Os fornecedores, que desejam integridade e um preço de venda razoável; e
- O governo, que deseja recolher tributos e que a empresa seja compromissada com o desenvolvimento da nação.

Isto posto, vê-se a variedade e interdependência de interesses a serem atendidos e o cuidado necessário quando da definição do problema e dos resultados esperados.

O objetivo da programação linear é encontrar o lucro máximo ou o custo mínimo em situações reais. Mas qual é a magnitude desse benefício dentro das empresas? Segundo pesquisas efetuadas em empresas que têm utilizado essa ferramenta, a redução de custos se enquadra facilmente na faixa entre 1% e 5%, existindo casos que chegam até a 15% (Bodanese, 2005).

A programação linear é no campo mais vasto denominado programação matemática, uma das variantes de aplicação generalizada em apoio da decisão. O termo “programação” deve-se entender como “planejamento” e a qualificação “linear” deixam antever como as relações matemáticas utilizadas são funções lineares (Prado, 2007).

Para Bernardo apud Bodanese (2005), este é um método matemático utilizado para a solução de problemas empresariais que dizem respeito à otimização na utilização de recursos pelas diversas tarefas ou atividades que devem ser realizadas. Em geral, nesses problemas, os recursos disponíveis são escassos, ou seja, não são suficientes para que cheguem a um nível o mais elevado que se deseje na execução de todas as atividades.

Os problemas que a programação linear permite resolver são inúmeros. Em geral, esta é a técnica ideal para dizer qual é a melhor combinação de materiais, mão-de-obra e recursos físicos que proporcione maximizar, minimizar ou igualar uma certa condição.

Dessa forma, a programação linear é a técnica de pesquisa operacional preferida em se tratando de problemas de otimização. Os modelos de programação linear buscam a distribuição ideal de recursos limitados para atender a um objetivo específico. Em se tratando de programação linear, esse objetivo é expresso através de uma função, denominada função-objetivo.

É necessário também que se definam quais as atividades que consomem recursos e em que proporções os mesmos são consumidos. Essas informações são apresentadas em forma de equações ou inequações lineares, uma para cada recurso.

Existem inúmeras maneiras de alocar os recursos escassos entre diversas atividades em estudo. Para que se obtenha êxito, as distribuições devem estar coerentes com as restrições impostas pelo modelo. Assim, ela se incumbem de achar a solução ótima de um problema, uma vez definido o modelo linear, ou seja, a função-objetivo e as restrições lineares.

Os contadores de custos, em conjunto com especialistas de Pesquisa Operacional e com o aparato de bancos de dados que armazenem os dados históricos da empresa são os responsáveis, nas empresas, os problemas que podem ser analisados e solucionados pela programação linear. A contabilidade de custos fornece dados aos contadores, que lhes permitem especificar os objetivos, as restrições e as variáveis do modelo a ser resolvido pela programação linear e, com os recursos computacionais atuais, a solução do modelo fica mais ágil. É necessário que os contadores sejam capazes de elaborar o modelo e também analisar a solução deste, para colaborar com o

objetivo fundamental da contabilidade que é o de prover o usuário de informações para a tomada de decisões.

Deste modo, abstrai-se o mundo real e plota-o em forma de modelo matemático, viabilizando a aplicação dos métodos matemáticos que ensejem a solução do problema.

3 ESTUDO DE CASO – SOUZAPEL CORTES DE PAPEL

Para enriquecimento da pesquisa bibliográfica e atendimento aos requisitos iniciais do trabalho, foi realizado uma pesquisa de campo que consistiu em uma visita às instalações e remessa de questionário, via correio eletrônico, ao Sr. Luciano Lúcio Silva de Souza que, junto com seu pai e irmão, é proprietário da empresa de transformação de papéis denominada Souzapel Cortes de Papel Ltda. – ME.

Desde sua fundação em 1997, a empresa Souzapel Cortes de Papel Ltda. - ME é um *player* no mercado de papéis sediada no município de Praia Grande/SP, beneficiando papéis para aplicações na indústria gráfica, em restaurantes, açougues, supermercados, padarias, feiras livres e afins.

Como forma de se adequar ao dinamismo e necessidades do mercado, a Souzapel, conforme escala de pedidos, também confecciona produtos com requisitos específicos.

Os valores da empresa são:

- Encantar e surpreender os clientes;
- Superar as expectativas de qualidade para os seus produtos;
- Honestidade e integridade acima de tudo;
- Valorização do ser humano;
- Foco no retorno financeiro.

O estudo de caso teve por objetivo determinar se há ociosidade de mão-de-obra, bem como projetar os lucros nos três cenários propostos. O modelo matemático derivado será validado por intermédio do suplemento presente na planilha de cálculo Microsoft Excel, denominado Solver. Júnior e Souza (2004) descrevem de maneira clara e sucinta a ferramenta:

O Solver faz parte de um conjunto de programas algumas vezes chamado de ferramentas de análise hipotética. Com o Solver você pode localizar um valor ideal para uma fórmula em uma célula chamada de célula de destino em uma planilha. O Solver trabalha com um grupo de células relacionadas direta ou indiretamente com a fórmula na célula de destino. O Solver ajusta os valores nas células

variáveis que você especificar, chamadas de células ajustáveis, para produzir o resultado especificado por você na fórmula da célula de destino. Você pode aplicar restrições para restringir os valores que o Solver poderá usar no modelo e as restrições podem se referir a outras células que afetem a fórmula da célula de destino [...].

Com vistas a atender o objetivo da pesquisa, foram solicitados ao proprietário o fornecimento das seguintes informações:

1. Nome do produto;
2. Lucro obtido por lote de produção;
3. Tempos, em horas, dedicado a cada tarefa envolvida no processo de produção.

Com base na resposta ao questionário enviado, procedeu-se à tabulação e formatação dos dados que foram sintetizados na tabela a seguir:

Produto	Lucro (R\$)	Preparo (horas)	Corte (horas)	Embalagem (horas)
Comanda Branca Sulfite (CBs)	400,00	5	2	1,5
Comanda Branca Couché (CBc)	425,00	5	2	1,5
Comanda Carbonada Sulfite (CCs)	123,00	5	2	1,5
Comanda Carbonada Couché (CCc)	124,50	5	2	1,5
Toalha Mesa Sulfite (TMs)	300,00	3	1	2
Toalha Mesa Couché (TMc)	325,00	3	1	2
Papel A4 Sulfite (A4s)	90,00	4,5	2,5	2,83
Papel A4 Sulfite Colorido (A4col)	120,00	4,5	2,5	2,83

Fonte: Elaborada pelo autor (2010)

Esclarecimentos necessários à compreensão da tabela:

1. Os valores relacionados nas colunas “Lucro”, “Preparo”, “Corte” e “Embalagem” referem-se à produção de um lote de 100 unidades;
2. “Sulfite” e “Couché” são espécies de matéria-prima, que variam em gramatura, consistência e aspecto e, conseqüentemente, possuem variação no preço de compra e venda;
3. Os valores das colunas “Preparo”, “Corte” e “Embalagem”, não obstante se referirem a horas trabalhadas, estão formatadas

como grandeza decimal, para atender ao requisito de cálculo na planilha.

Função Objetivo: Maximizar Lucro

- X_1 = Comanda Branca Sulfite (CBs);
- X_2 = Comanda Branca Couché (CBc);
- X_3 = Comanda Carbonada Sulfite (CCs);
- X_4 = Comanda Carbonada Couché (CCc);
- X_5 = Toalha Mesa Sulfite (TMs);
- X_6 = Toalha Mesa Couché (TMc);
- X_7 = Papel A4 Sulfite (A4s);
- X_8 = Papel A4 Sulfite Colorido (A4col);

Assim:

$$Z = 400X_1 + 425X_2 + 123X_3 + 124,5X_4 + 300X_5 + 325X_6 + 90X_7 + 120X_8$$

Sujeito às restrições:

- | | |
|--------------------------------------|------------------|
| 1. Comanda Branca Sulfite (CBs) | ≥ 3 lotes |
| 2. Comanda Branca Couché (CBc) | ≥ 2 lotes |
| 3. Comanda Carbonada Sulfite (CCs) | $\geq 2,5$ lotes |
| 4. Comanda Carbonada Couché (CCc) | $\geq 2,5$ lotes |
| 5. Toalha Mesa Sulfite (TMs) | $\geq 4,2$ lotes |
| 6. Toalha Mesa Couché (TMc) | $\geq 2,2$ lotes |
| 7. Papel A4 Sulfite (A4s) | ≥ 10 lotes |
| 8. Papel A4 Sulfite Colorido (A4col) | ≥ 2 lotes |
| 9. Horas trabalhadas | ≤ 480 horas |

A matriz com as informações contidas na tabela 1, completada com as restrições do modelo enumeradas acima, ficou conforme abaixo:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	SOUZAPEL COM. DE PAPÉIS LTDA - ME								
3	FUNÇÃO OBJETIVO	COEFICIENTE DA VARIÁVEL							
4		X₁	X₂	X₃	X₄	X₅	X₆	X₇	X₈
5	CONSTANTES	400	425	123	125	300	325	90	120
6	VARIÁVEIS								
7	(Lucro) Z=	0,00							
8									
9	RESTRIÇÕES	COEFICIENTE DA VARIÁVEL							
10	Nº	X₁	X₂	X₃	X₄	X₅	X₆	X₇	X₈
11	1	3	2	2,5	2,5	4,2	2,2	10	2
12	2	8,5	8,5	8,5	8,5	6	6	9,83	9,83
13									
14									
15		TOTAL DE HORAS							
16		LIMITE		UTILIZADAS					
17		480		0					

Figura 1 – Matriz de Cálculo 1

Fonte: Elaborada pelo autor

Onde:

1. Células B5 a I5: Valor do lucro por lote produzido;
2. Células B6 a I6: Quantidades de lotes que serão produzidos conforme solução ótima fornecida pelo Solver;
3. Célula B7: Valor do lucro após solução ótima fornecida pelo Solver;
4. Células B11 a I11: Quantidade mínima de lotes a serem produzidos, por item (restrição);
5. Células B12 a I12: Soma da quantidade de horas empregadas no processo de produção, por item;
6. Célula B17: Limite total de horas a serem utilizadas no processo de produção (restrição);
7. Célula D17: Total de horas efetivamente utilizadas no processo de produção, após solução ótima fornecida pelo Solver.

Mais uma vez, será invocada a explicação de Júnior e Souza (2004) para descrever a ativação e utilização da ferramenta no Microsoft Excel, versão 2003 e anteriores:

Precisamos agora avisar ao Excel quais são as células que representam nossa FO, as variáveis de decisão, as restrições do modelo, e finalmente, mandar o Excel resolver para nós. Isto é feito utilizando a ferramenta SOLVER do Excel. Para tal, clique com o botão esquerdo do mouse sobre o menu FERRAMENTAS e logo em seguida em SOLVER, caso a ferramenta SOLVER não esteja disponível, clique no menu FERRAMENTAS e depois em SUPLEMENTOS e marque a opção SOLVER para que a mesma fique disponível, o Excel instalará a ferramenta tornando-a disponível para uso.

Neste estudo de caso, em que o suplemento já está ativo no computador onde está sendo realizada a otimização, sua utilização é iniciada de acordo com a imagem abaixo:

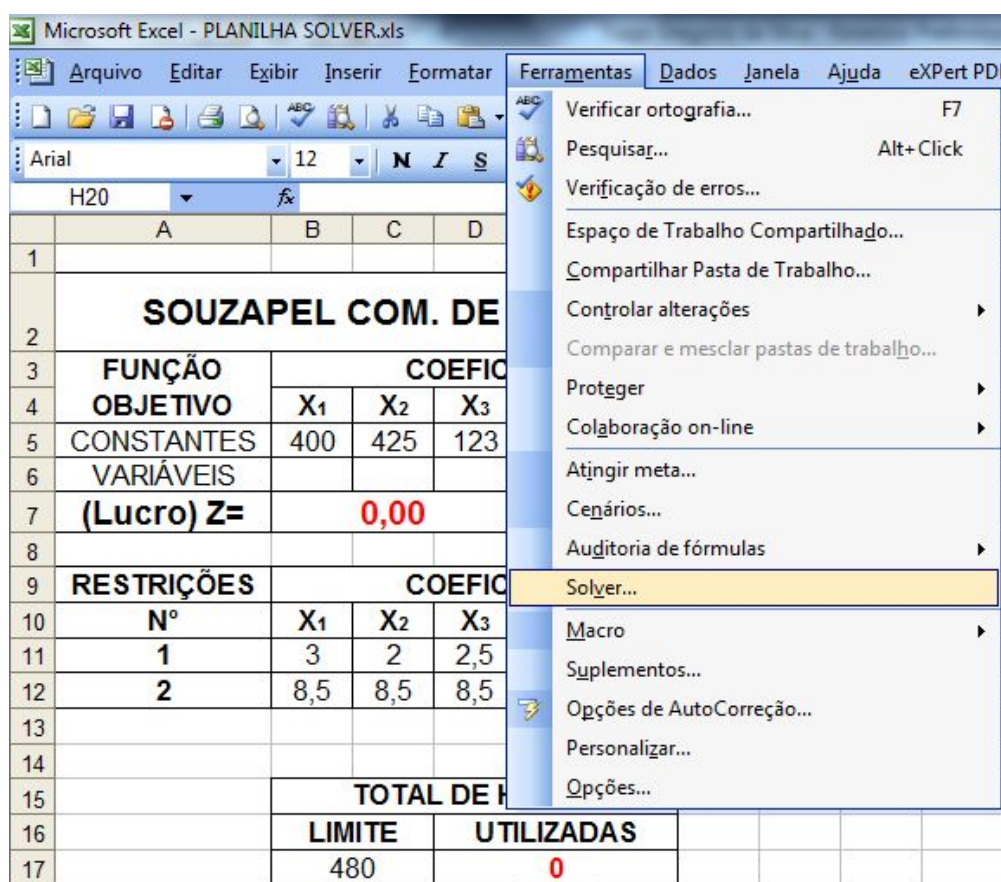


Figura 2 – Executando o Solver

Fonte: Elaborada pelo autor

Na janela denominada “Parâmetros” que se abre em seguida, devem ser informados:

1. O objetivo do modelo, que consiste em maximizar, minimizar ou atingir um valor n em determinada variável, representadas respectivamente pelas abreviações “Máx”, “Min” e “Valor de”. Neste estudo de caso, como o objetivo é maximizar o lucro, foi selecionada a opção “Máx”;
2. Informar cada restrição presente no modelo, ou seja, as quantidades mínimas e/ou máximas de cada recurso a serem utilizadas para o processo de otimização. Esta ação deve ser realizada por intermédio do botão “Adicionar”.

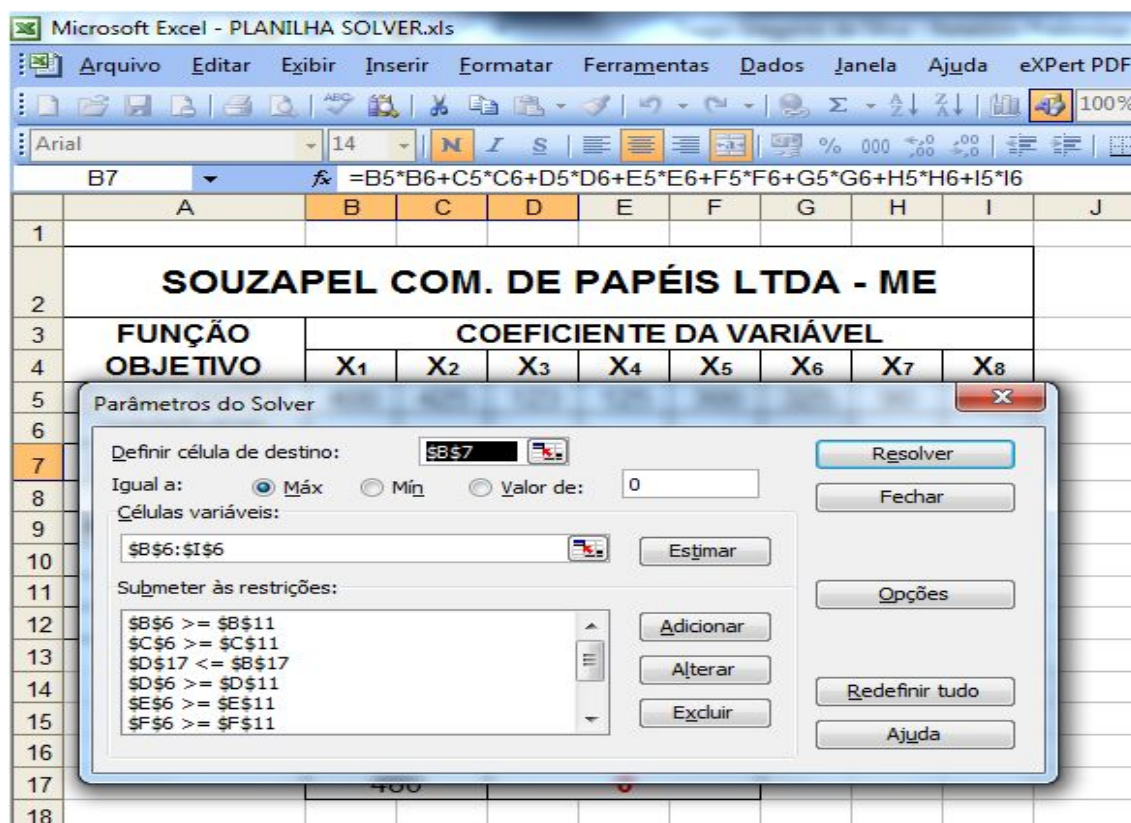


Figura 3 – Caixa de Parâmetros do Solver

Fonte: Elaborada pelo autor

Nesta primeira otimização que realizamos, de um total de 3 (três), a janela de “Parâmetros” do suplemento foi preenchida com os dados da otimização e ficou exatamente igual à imagem acima.

A solução para o problema é obtida com o clique no botão “Resolver”, situação em que os campos variáveis são preenchidos com os valores sugeridos pelo Solver.

De acordo com a otimização desejada, os dados relativos ao processo de produção das mercadorias e as restrições do modelo, obtivemos o resultado abaixo:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	SOUZAPEL COM. DE PAPÉIS LTDA - ME								
3	FUNÇÃO	COEFICIENTE DA VARIÁVEL							
4	OBJETIVO	X₁	X₂	X₃	X₄	X₅	X₆	X₇	X₈
5	CONSTANTES	400	425	123	125	300	325	90	120
6	VARIÁVEIS	3	2	2,5	2,5	4,2	42	10	2
7	(Lucro) Z=	18.710,08							
8									
9	RESTRIÇÕES	COEFICIENTE DA VARIÁVEL							
10	Nº	X₁	X₂	X₃	X₄	X₅	X₆	X₇	X₈
11	1	3	2	2,5	2,5	4,2	2,2	10	2
12	2	8,5	8,5	8,5	8,5	6	6	9,83	9,83
13									
14									
15		TOTAL DE HORAS							
16		LIMITE		UTILIZADAS					
17		480		480					

Figura 4 – Resultados da primeira otimização

Fonte: Elaborada pelo autor

Na interpretação dos resultados, destacados em vermelho, se inferem as seguintes informações:

1. As horas disponíveis para a produção foram utilizadas completamente;
2. Todas as quantidades mínimas de cada item a ser produzido foram atendidas;
3. A única que ultrapassou e multiplicou a quantidade mínima a ser produzida em mais de 19 vezes (42 unidades) foi a variável X₆ = Toalha Mesa Couché (TMc);

4. O item X6 não é a que apresenta o maior lucro dentre o mix. Em uma escala decrescente, ele é o 3º item;
5. O item X6, a despeito de não possuir o maior lucro por lote, possui a menor soma da quantidade de horas empregadas no processo de produção por item, junto com o item X5.

O problema obteve uma solução possível, atendeu a todas as restrições, porém emitiu um resultado em que somente um item seria produzido acima do valor estipulado. Com isso, podemos deduzir que, neste caso, seria necessária a adição de outra restrição que levasse em conta as necessidades e/ou limites de absorção pelo mercado das mercadorias, dado que infelizmente não está disponível.

Os relatórios de sensibilidade, de resposta e de limites gerados automaticamente pelo Solver na realização da otimização do modelo serão incluídos como anexos desta pesquisa.

Com o intuito de mitigar essa diferença enorme entre as quantidades produzidas, serão incluídas novas restrições neste mesmo cenário. Estes dados foram incluídos deliberadamente e sem nenhum compromisso com o cenário real informado pelo proprietário da Souzaapel Comércio de Papéis, mas sim com a intenção de mostrar a capacidade e a versatilidade da ferramenta ao trabalhar com informações díspares. Por conta disso, para simplificar a demonstração, os valores da produção mínima foram duplicados e serão incluídos como restrição de produção máxima. A imagem seguinte mostra a matriz de cálculo após a inserção das novas informações:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	SOUZAPEL COM. DE PAPÉIS LTDA - ME								
3	FUNÇÃO	COEFICIENTE DA VARIÁVEL							
4	OBJETIVO	X₁	X₂	X₃	X₄	X₅	X₆	X₇	X₈
5	CONSTANTES	400	425	123	125	300	325	90	120
6	VARIÁVEIS								
7	(Lucro) Z=	0,00							
8									
9	RESTRIÇÕES	COEFICIENTE DA VARIÁVEL							
10	Nº	X₁	X₂	X₃	X₄	X₅	X₆	X₇	X₈
11	1	3	2	2,5	2,5	4,2	2,2	10	2
12	2	8,5	8,5	8,5	8,5	6	6	9,83	9,83
13	3	6	4	5	5	8,4	4,4	20	4
14									
15		TOTAL DE HORAS							
16		LIMITE		UTILIZADAS					
17		480		0					

Figura 5 – Matriz após inclusão de novas restrições

Fonte: Elaborada pelo autor

As novas informações incluídas estão destacadas pelo quadrado vermelho na imagem anterior, e serão relacionadas no modelo como restrições do tipo produção máxima de cada item, ou seja, o total de cada produto que pode ser fabricado, que é:

- | | |
|--------------------------------------|-------------|
| 1. Comanda Branca Sulfite (CBs) | ≥ 6 lotes |
| 2. Comanda Branca Couché (CBc) | ≥ 4 lotes |
| 3. Comanda Carbonada Sulfite (CCs) | ≥ 5 lotes |
| 4. Comanda Carbonada Couché (CCc) | ≥ 5 lotes |
| 5. Toalha Mesa Sulfite (TMs) | ≥ 5 lotes |
| 6. Toalha Mesa Couché (TMc) | ≥ 4,4 lotes |
| 7. Papel A4 Sulfite (A4s) | ≥ 20 lotes |
| 8. Papel A4 Sulfite Colorido (A4col) | ≥ 4 lotes |

Com a inserção destas restrições no Solver e posterior clique no botão “Resolver”, a matriz com a solução do problema ficou conforme abaixo, nos campos em vermelho:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2	SOUZAPEL COM. DE PAPÉIS LTDA - ME								
3	FUNÇÃO	COEFICIENTE DA VARIÁVEL							
4	OBJETIVO	X₁	X₂	X₃	X₄	X₅	X₆	X₇	X₈
5	CONSTANTES	400	425	123	125	300	325	90	120
6	VARIÁVEIS	6	4	5	5	8,4	4,4	19,7	4
7	(Lucro) Z=	11.542,60							
8									
9	RESTRIÇÕES	COEFICIENTE DA VARIÁVEL							
10	Nº	X₁	X₂	X₃	X₄	X₅	X₆	X₇	X₈
11	1	3	2	2,5	2,5	4,2	2,2	10	2
12	2	8,5	8,5	8,5	8,5	6	6	9,83	9,83
13	3	6	4	5	5	8,4	4,4	20	4
14									
15		TOTAL DE HORAS							
16		LIMITE		UTILIZADAS					
17		480		480					

Figura 6 – Resultados da segunda otimização

Fonte: Elaborada pelo autor

Novamente o Solver encontrou uma solução que atende a todas as restrições, no limite superior, ou seja, na produção total de cada item. A única exceção ficou por conta da variável X₇, que atingiu a produção de 19,7 lotes, de um limite total de 20 a serem produzidos.

O impacto significativo está na variável lucro (Z), que no último cenário sofreu uma redução de 7.167,48 unidades monetárias, ou 38,3%. Em contraponto, podemos interpretar esta avaliação positivamente, pela perspectiva de um estoque mais homogêneo e com probabilidade maior de ser absorvido pelo mercado no mesmo período de tempo, visto que a mudança em relação à matriz anterior foi a duplicação dos valores a serem produzidos. Já na validação anterior, como já explicado, a solução ótima nos mostrou que a produção de um só item seria aumentada em mais de 19 vezes no seu valor original.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de caso apresentado, a despeito de ser raso e contemplar apenas algumas variáveis e características do negócio, consegue mostrar o funcionamento da ferramenta Solver e seu manejo diante tanto de um cenário calcado no histórico da empresa quanto em um cenário hipotético e incerto. Nos dois cenários vislumbrados, percebeu-se a grande diferença causada pela simples duplicação da quantidade total a ser produzida. Viu-se também o quanto é importante saber interpretar os resultados apresentados, já que no primeiro caso a produção sugerida de um dos itens estava muito além da produção inserida no modelo e muito acima de um nível de absorção pelo mercado.

A Pesquisa Operacional e, conseqüentemente, a Programação Linear, ficam restritas às empresas de médio e grande porte, devido à sua aparente complexidade e dificuldade de aplicação. É oportuno e salutar que os cursos de graduação e até os de nível médio, especialmente os focados em gestão de negócios, abordem este conceito com mais profundidade e incentivem a sua utilização inclusive em empreendimentos com produção considerada pequena. Entendo que a disseminação deste tipo de conhecimento auxilia os empresários a conhecerem e manterem um controle mais efetivo de todo o negócio, diminuindo a possibilidade do controle via *feeling* empresarial que, se denota um talento inato ou profundo conhecimento do negócio, possui maior probabilidade de erros.

O forte apelo atual para as práticas de responsabilidade social e sustentabilidade também se configuram como chamarizes para a adoção e utilização da Pesquisa Operacional/Programação Linear, por permitir um melhor emprego dos recursos escassos, o problema fundamental da Economia, tendo por efeito secundário contribuir com a eliminação dos desperdícios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BODANESE, Ronaldo et al. **Teoria das restrições, pesquisa operacional e programação linear, estudo de caso com utilização do solver**. Disponível em: [www.ucla.edu.br/DAC/departamentos/coordinaciones/costol/Congreso%20Internacional%20de%20Costos/VOL_200511232139%20\(D\)/artigos/custos_412.pdf](http://www.ucla.edu.br/DAC/departamentos/coordinaciones/costol/Congreso%20Internacional%20de%20Costos/VOL_200511232139%20(D)/artigos/custos_412.pdf). Acesso em: 20/05/10

FELGAR, Julia. **Manual de Normas para sua Elaboração** (Trabalho de Conclusão de Curso – TCC, trabalho de graduação interdisciplinar e outros). Praia Grande/SP: 2006.

INSTITUTO ANTONIO HOUAISS. **Dicionário Eletrônico de Língua Portuguesa v. 2.0a**. Editora Objetiva, 2007.

JÚNIOR, Aloísio; SOUZA, Marcone. **Solver (Excel): Manual de Referência**. Disponível em: http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/83_apostila_do_solver.pdf. Acesso em: 05/10/2010

LIEBERMANN, Gerald; HILLIER, Frederick. **Introdução à Pesquisa Operacional**. Trad. Ariovaldo Griesi, Rev. Téc. João Chang Júnior. 8. ed. São Paulo: Mc Graw-Hill, 2005.

NELO, Ana Maria. **Decisão de mix de produtos: comparando a teoria das restrições, o custeio baseado em atividades e o modelo geral com a utilização de custos discricionários**. Disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3136/tde-30052008-155116/publico/Decisao_de_Mix_de_Produtos_Comparando_a_Teoria_das_Restricoes.pdf. Acesso em: 02/05/10

PRADO, Darci. **Programação Linear (Série Pesquisa Operacional – Volume 1)**. 5. ed. Minas Gerais: INDG, 2007.

SEBRAE-SP. **10 Anos de Monitoramento da Sobrevivência e Mortalidade das Empresas**. São Paulo: SEBRAE-SP, 2008.

APÊNDICE A – RELATÓRIO DE RESPOSTA SOLVER 1

Microsoft Excel 11.0 Relatório de resposta
 Planilha: [PLANILHA SOLVER.xls]Matriz_TCC
 Relatório criado: 28/10/2010 15:10:19

Célula de destino (Máx)

Célula	Nome	Valor original	Valor final
\$B\$7	(Lucro) Z= X1	0,00	18.710,08

Células ajustáveis

Célula	Nome	Valor original	Valor final
\$B\$6	VARIÁVEIS X1	0	3
\$C\$6	VARIÁVEIS X2	0	2
\$D\$6	VARIÁVEIS X3	0	2,5
\$E\$6	VARIÁVEIS X4	0	2,5
\$F\$6	VARIÁVEIS X5	0	4,2
\$G\$6	VARIÁVEIS X6	0	41,97333329
\$H\$6	VARIÁVEIS X7	0	10
\$I\$6	VARIÁVEIS X8	0	2

Restrições

Célula	Nome	Valor da célula	Fórmula	Status	Transigência
\$D\$17	UTILIZADAS	479,9999997	\$D\$17<=\$B\$17	Agrupar	0
\$C\$6	VARIÁVEIS X2	2	\$C\$6>=\$C\$11	Agrupar	0
\$B\$6	VARIÁVEIS X1	3	\$B\$6>=\$B\$11	Agrupar	0
\$H\$6	VARIÁVEIS X7	10	\$H\$6>=\$H\$11	Agrupar	0
\$D\$6	VARIÁVEIS X3	2,5	\$D\$6>=\$D\$11	Agrupar	0
\$E\$6	VARIÁVEIS X4	2,5	\$E\$6>=\$E\$11	Agrupar	0
\$F\$6	VARIÁVEIS X5	4,2	\$F\$6>=\$F\$11	Agrupar	0
\$G\$6	VARIÁVEIS X6	41,97333329	\$G\$6>=\$G\$11	Sem agrupar	39,77333329
\$I\$6	VARIÁVEIS X8	2	\$I\$6>=\$I\$11	Agrupar	0

APÊNDICE B – RELATÓRIO DE SENSIBILIDADE SOLVER 1

Microsoft Excel 11.0 Relatório de sensibilidade
 Planilha: [PLANILHA SOLVER.xls]Matriz_TCC
 Relatório criado: 28/10/2010 15:11:03

Células ajustáveis

Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Gradiente
\$B\$6	VARIÁVEIS X1	3	-60,41666667
\$C\$6	VARIÁVEIS X2	2	-35,41666667
\$D\$6	VARIÁVEIS X3	2,5	-337,4166667
\$E\$6	VARIÁVEIS X4	2,5	-335,9166667
\$F\$6	VARIÁVEIS X5	4,2	-25
\$G\$6	VARIÁVEIS X6	41,97333329	0
\$H\$6	VARIÁVEIS X7	10	-442,4583292
\$I\$6	VARIÁVEIS X8	2	-412,4583292

Restrições

Célula	Nome	Final Valor	Lagrange Multiplicador
\$D\$17	UTILIZADAS	479,9999997	54,16666667

APÊNDICE C – RELATÓRIO DE LIMITES SOLVER 1

Microsoft Excel 11.0 Relatório de limites

Planilha: [PLANILHA SOLVER.xls]Relatório de limites 1

Relatório criado: 28/10/2010 15:11:14

Destino		
Célula	Nome	Valor
\$B\$7	(Lucro) Z= X1	18.710,08

Ajustável		
Célula	Nome	Valor
\$B\$6	VARIÁVEIS X1	3
\$C\$6	VARIÁVEIS X2	2
\$D\$6	VARIÁVEIS X3	2,5
\$E\$6	VARIÁVEIS X4	2,5
\$F\$6	VARIÁVEIS X5	4,2
\$G\$6	VARIÁVEIS X6	41,97333329
\$H\$6	VARIÁVEIS X7	10
\$I\$6	VARIÁVEIS X8	2

Inferior Limite	Destino Resultado
3	18710,08332
2	18710,08332
2,5	18710,08332
2,5	18710,08332
4,2	18710,08332
2,2	5783,75
10	18710,08332
2	18710,08332

APÊNDICE D – RELATÓRIO DE RESPOSTA SOLVER 2

Microsoft Excel 11.0 Relatório de resposta
 Planilha: [PLANILHA SOLVER.xls]Matriz_TCC
 Relatório criado: 03/11/2010 16:50:23

Célula de destino (Máx)

Célula	Nome	Valor original	Valor final
\$B\$7	(Lucro) Z= X1	0,00	11.542,60

Células ajustáveis

Célula	Nome	Valor original	Valor final
\$B\$6	VARIÁVEIS X1	0	6
\$C\$6	VARIÁVEIS X2	0	4
\$D\$6	VARIÁVEIS X3	0	5
\$E\$6	VARIÁVEIS X4	0	5
\$F\$6	VARIÁVEIS X5	0	8,4
\$G\$6	VARIÁVEIS X6	0	4,4
\$H\$6	VARIÁVEIS X7	0	19,72329603
\$I\$6	VARIÁVEIS X8	0	4

Restrições

Célula	Nome	Valor da célula	Fórmula	Status	Transigência
\$D\$17	UTILIZADAS	480	\$D\$17<=\$B\$17	Agrupar	0
\$C\$6	VARIÁVEIS X2	4	\$C\$6>=\$C\$11	Sem agrupar	2
\$B\$6	VARIÁVEIS X1	6	\$B\$6>=\$B\$11	Sem agrupar	3
\$H\$6	VARIÁVEIS X7	19,72329603	\$H\$6>=\$H\$11	Sem agrupar	9,723296033
\$D\$6	VARIÁVEIS X3	5	\$D\$6>=\$D\$11	Sem agrupar	2,5
\$E\$6	VARIÁVEIS X4	5	\$E\$6>=\$E\$11	Sem agrupar	2,5
\$F\$6	VARIÁVEIS X5	8,4	\$F\$6>=\$F\$11	Sem agrupar	4,2
\$G\$6	VARIÁVEIS X6	4,4	\$G\$6>=\$G\$11	Sem agrupar	2,2
\$I\$6	VARIÁVEIS X8	4	\$I\$6<=\$I\$13	Agrupar	0

APÊNDICE E – RELATÓRIO DE SENSIBILIDADE SOLVER 2

Microsoft Excel 11.0 Relatório de sensibilidade

Planilha: [PLANILHA SOLVER.xls]Matriz_TCC

Relatório criado: 03/11/2010 16:50:36

Células ajustáveis

Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Custo	Objetivo Coeficiente	Permissível Acréscimo
\$B\$6	VARIÁVEIS X1	6	322,1770092	400	1E+30
\$C\$6	VARIÁVEIS X2	4	347,1770092	425	1E+30
\$D\$6	VARIÁVEIS X3	5	45,17700916	123	1E+30
\$E\$6	VARIÁVEIS X4	5	46,67700916	124,5	1E+30
\$F\$6	VARIÁVEIS X5	8,4	245,0661241	300	1E+30
\$G\$6	VARIÁVEIS X6	4,4	270,0661241	325	1E+30
\$H\$6	VARIÁVEIS X7	19,72329603	0	90	30
\$I\$6	VARIÁVEIS X8	4	30	120	1E+30

Restrições

Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lateral R.H.	Permissível Acréscimo
\$D\$17	UTILIZADAS	480	9,155645982	480	2,72

APÊNDICE F – RELATÓRIO DE RESPOSTA SOLVER 2

Microsoft Excel 11.0 Relatório de sensibilidade

Planilha: [PLANILHA SOLVER.xls]Matriz_TCC

Relatório criado: 03/11/2010 16:50:36

Células ajustáveis

Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Custo	Objetivo Coeficiente	Permissível Acréscimo
\$B\$6	VARIÁVEIS X1	6	322,1770092	400	1E+30
\$C\$6	VARIÁVEIS X2	4	347,1770092	425	1E+30
\$D\$6	VARIÁVEIS X3	5	45,17700916	123	1E+30
\$E\$6	VARIÁVEIS X4	5	46,67700916	124,5	1E+30
\$F\$6	VARIÁVEIS X5	8,4	245,0661241	300	1E+30
\$G\$6	VARIÁVEIS X6	4,4	270,0661241	325	1E+30
\$H\$6	VARIÁVEIS X7	19,72329603	0	90	30
\$I\$6	VARIÁVEIS X8	4	30	120	1E+30

Restrições

Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lateral R.H.	Permissível Acréscimo
\$D\$17	UTILIZADAS	480	9,155645982	480	2,72