UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO - PPGIE

A APLICAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS EM SITUAÇÕES-PROBLEMA EMPRESARIAIS COM USO DO SOFTWARE LINDO

Márcia Jussara Hepp Rehfeldt

Porto Alegre
2009

Márcia Jussara Hepp Rehfeldt

A APLICAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS EM SITUAÇÕES-PROBLEMA EMPRESARIAIS COM USO DO SOFTWARE LINDO

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Informática na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora.

Orientador: Prof. Dr. Milton Antonio Zaro

Porto Alegre
2009

R345a Rehfeldt, Márcia Jussara Hepp

A aplicação de modelos matemáticos em situações-problema empresariais, com uso do software LINDO / Márcia Jussara Hepp Rehfeldt. - 2009.

f. 206 + anexos.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Porto Alegre, 2009.
Orientação: Prof. Dr. Milton Zaro

1. Modelagem matemática 2. Educação – Informática - Matemática 3. Modelagem matemática – Software LINDO 4. Mapas conceituais 5. Subsunçores – Avaliação I.Título

CDU: 51:37:681.3

Ficha catalográfica elaborada por Maristela Hilgemann Mendel – CRB-10/1459

Márcia Jussara Hepp Rehfeldt

A APLICAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS EM SITUAÇÕES-PROBLEMA EMPRESARIAIS COM USO DO SOFTWARE LINDO

Aprovada em 15 de maio de 2009.

Professor Dr. Milton Antonio Zaro – (orientador)

Professora Dra. Maria Isabel Timm - (PPGIE- UFRGS)

Professor Dr. Fernando Schnaid (PPGIE- UFRGS)

Professora Dra. Ana Cecília Togni (Centro Universitário UNIVATES)

Professor Dr. João Luiz Becker (PPGA – UFRGS)

AGRADECIMENTOS

A construção de uma tese não é um ato solitário. É coletivo. Por isso devo e desejo agradecer:

- a Deus que iluminou o caminho diante de tantos obstáculos encontrados;

- aos professores do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação e, em especial ao professor Dr. Milton Antonio Zaro e à professora Drª. Maria Isabel Timm, que de forma exigente, crítica e criativa arguiram ideias apresentadas e contribuíram para meu crescimento intelectual e pessoal;

- ao Centro Universitário UNIVATES, por possibilitar o estudo com alunos da disciplina de Pesquisa Operacional as quais suscitaram os resultados desta tese, bem como pelas informações concedidas para que o trabalho pudesse ser concluído;

- aos colegas professores da UNIVATES Ana Cecília, Ana Lúcia, Arlete, Ieda, Madalena, Maria Elisabete, Marli, Ingo, amigos acima de tudo, por emprestar o ombro amigo, ouvir e compartilhar momentos de decepção, de tristeza e de frustração;

- aos meus alunos, centro e razão deste estudo, pela colaboração, amizade, dedicação e companheirismo durante a pesquisa;

- ao marido Paul e à filha Stephanie que souberam entender minha ausência por inúmeras vezes, tendo paciência e compreendendo a importância desta pesquisa;

- às famílias Hepp e Rehfeldt, em especial Klaus, pelo apoio em todos os momentos desta jornada;

- ao meu pai Othelo, que infelizmente não está mais entre nós, pelas qualidades e virtudes compartilhadas e que certamente ficaria orgulhoso com minha conquista;

- Aos revisores do texto Marlene, Jandira e Rodrigo;

- aos amigos que sempre incentivaram meu crescimento profissional e pessoal.

A todos agradeço profundamente e dedico o resultado. Vocês são os co-autores deste trabalho.

RESUMO

Esta tese tem por objetivo mostrar a possibilidade de observação da existência da aprendizagem significativa a partir do uso de modelos matemáticos quando os alunos do curso de administração equacionam situações-problema empresariais com o auxílio do *software* LINDO. A pesquisa foi realizada com discentes do Centro Universitário UNIVATES, situado em Lajeado, Rio Grande do Sul, quando estes frequentaram a disciplina Pesquisa Operacional. Os fundamentos teóricos estão embasados na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1968, 2003), na pesquisa operacional e suas ferramentas de resolução, principalmente o *software* LINDO, bem como na modelagem matemática. Metodologicamente, foram aplicados instrumentos de avaliação de subsunçores relacionados à capacidade de modelagem de problemas de programação linear. Face à ausência de alguns subsunçores, foram utilizados organizadores avançados que serviram como mecanismos pedagógicos para estabelecer relações entre aquilo que os alunos já sabiam e o que deveriam saber. Posteriormente, cada aluno desenvolveu, no mínimo, dois modelos matemáticos e dois mapas conceituais, sendo os primeiros no início da pesquisa e outros ao final. Como resultado, percebeu-se que o ambiente de modelagem matemática sugerido por Barbosa (2006) favoreceu a observação de aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003) da programação linear quando os alunos abstraíram e resolveram situações-problema empresariais com o auxílio do *software* LINDO. Os modelos matemáticos finais evoluíram, na maioria dos casos, apresentando mais variáveis e restrições. Por meio dos modelos matemáticos e mapas conceituais, foi possível observar algumas evidências em relação às exigências profissionais do administrador como a capacidade de reconhecer e de definir problemas e equacionar soluções e a capacidade de pensar estrategicamente e introduzir modificações no processo produtivo. Cabe ressaltar que os modelos matemáticos ilustram o conhecimento que o aluno possui. Por isso, são diferentes, têm níveis diferentes e refletem a idiossincrasia do processo ensino-aprendizagem, como postulam Moreira (2005) e Biembengut (2003).

PALAVRAS-CHAVE: Subsunçores. Modelagem matemática. Mapas conceituais. Alunos do curso de administração. Pesquisa operacional.

ABSTRACT

This thesis aims at demonstrating the possibility of observing the existence of the significant apprenticeship, proceeding from the use of mathematic models when business administration students solve corporative problem situations with the help of the LINDO software. The research was carried out with students at UNIVATES University Center, in the city of Lajeado, Rio Grande do Sul, while attending the subject of Operational Research. The theoretical basis lies on Ausubel's (1968, 2003) significant apprenticeship theory, on the operational research and its solving tools, mainly the LINDO software, as well as on mathematic modeling. Methodologically, subsumer evaluation instruments related to the modeling capacity of linear programming problems were applied. Due to the lack of some subsumers, advanced organizers were used that served as pedagogical mechanisms in order to establish relationships between what the students already knew and what the should know. Later, each student developed, at least, two mathematic models and two conceptual maps, the first being at the research commencement, and the others at its end. As a result, it was noted that the mathematic modeling environment suggested by Barbosa (2006) favored the observation of a significant apprenticeship (AUSUBEL, 2003) of linear programming when the students abstracted and solved corporative problem situations with the help of the LINDO software. The final mathematic models evolved presenting, in most cases, more variables and restrictions. Through of mathematic models and conceptual maps, it was possible to observe some evidences relative to business administrator's professional requirement, such as the capacity of identifying and solving problems and finding solutions, and the capacity of thinking strategically and introducing modifications into the productive process. It is necessary to be emphasized that the mathematic models illustrate the student's knowledge. Therefore, they are different, have different levels and reflect the idiosyncrasy of the teaching-learning process, as postulated by Moreira (2005) and Biembengut (2003).

KEYWORDS: Subsumers. Mathematic models. Conceptual maps. Business administration students. Operational research.

LISTA DE ABREVIATURAS

CREMM	Centro de Referência de Modelagem Matemática no Ensino
ENANGRAD	Encontro Nacional das Escolas de Graduação em Administração
ENEGEP	Encontro Nacional de Engenharia da Produção
LINDO	*Linear, Interactive and Discrete Optimizer*
MCF	Mapa Conceitual Final
MCI	Mapa Conceitual Inicial
MMF	Modelo Matemático Final
MMI	Modelo Matemático Inicial
PL	Programação linear
PO	Pesquisa Operacional
SCOOP	*Scientific Computation of Optimal Programs*
SFR	Sistema Físico Real

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE QUADROS

LISTA DE TABELAS

SUMÁRIO

1 CONTEXTO DO ENSINO DA MATEMÁTICA NO CURSO DE ADMINISTRAÇÃO

O Centro Universitário UNIVATES, situado na cidade de Lajeado, RS, oferece o curso de Administração com cinco linhas de formação específica, a saber: administração de empresas, análise de sistemas, comércio exterior, negócios agroindustriais, gestão em turismo. Na matriz curricular do referido curso, constam, entre outras disciplinas, Matemática, Fundamentos de Estatística, Cálculo de Finanças e Pesquisa Operacional, as quais se fundamentam em conhecimentos da área da matemática. Especificamente, Pesquisa Operacional é ofertada no sexto semestre, quando os alunos já cursaram em torno de 70%[1] dos créditos, tendo como único pré-requisito a disciplina de Matemática, na qual são estudadas funções em geral, matrizes, determinantes, sistemas lineares e introdução à programação linear.

Os discentes do curso de Administração da UNIVATES, na maioria alunos-trabalhadores de empresas que atuam nos ramos calçadista, moveleiro, alimentício, agrícola, na prestação de serviços (bancos, prefeituras, transportes, outros) e outros da região do Vale do Taquari, que abrange 37 municípios, frequentam o curso superior à noite. Têm idade média em torno de 25 anos[2] e cursam 2,62[3] disciplinas, por semestre, o que implica sete a oito anos para se graduarem.

Observações empíricas da autora referentes ao ensino da matemática na Instituição, ao longo dos últimos anos, mostraram que estes alunos nem sempre percebem a aplicabilidade da disciplina, seja na vida privada, seja no local de trabalho. Tampouco compreendem o sentido da disciplina no seu currículo. No entanto, experiências e vivências profissionais mostram que estão imersos em problemas e que necessitam da matemática para resolvê-los. Entende-se que situações-problema empresariais, vivenciadas cotidianamente nos locais de trabalho, caracterizam-se como oportunidades para aprender e aplicar a matemática. Supõe-se que modelos matemáticos podem ser empregados como ferramentas de apoio à decisão e contribuir cientificamente na gestão organizacional

---

[1] Informação oriunda dos pré-testes semestres 2008 A e 2008 B apresentados no capítulo "Resultados e análise dos resultados".
[2] Dado do pré-teste semestre 2008 B.
[3] Informação oriunda do Banco de Dados da UNIVATES.

das empresas, tornado-as mais competitivas. Alguns estudos[4] realizados na região do Vale do Taquari apontam que a matemática vem sendo utilizada para auxiliar na tomada de decisões em empresas e que ela pode contribuir na solução de problemas. Pivatto (2007) realizou um estudo acerca da minimização do custo da ração na granja de suínos de propriedade familiar com o auxílio do *software* LINDO (*Linear, Interactive and Discrete Optimizer).* Utilizou os resultados para modificar a fórmula da ração, reduzindo, assim, os custos nas fases de desenvolvimento dos animais, o que possibilitou ao produtor maior lucratividade nos negócios. Da mesma forma, os trabalhos de conclusão do curso de Administração de Schneider (2008), Neuberger (2008), Jaeger (2008) e Schwarzer (2008) apontaram soluções e estratégias para as situações-problema encontradas nas respectivas empresas em que realizaram seu estágio curricular, todas apoiadas no *software* LINDO.

O estudo de situações-problema é defendido por diversos autores, entre eles a educadora Biembengut (2003), que sugere a modelagem matemática como uma alternativa para despertar o interesse dos alunos por determinados tópicos da matemática, pois, por meio desta, é dada uma oportunidade ao aluno de estudar através da pesquisa, desenvolvendo assim um aguçado senso crítico. Na área administrativa, a modelagem matemática pode auxiliar alunos-trabalhadores a tomarem decisões baseadas em argumentos quantitativos toda vez que uma nova situação-problema assim o exigir. Segundo Kanitz (2007), o conhecimento humano está dobrando a cada nove meses, o que poderá causar obsolescência se o que for aprendido não puder ser aplicado a novas situações. Conforme o autor anteriormente citado

> Hoje, o conhecimento humano é de curta duração[5], poderíamos até dizer descartável, usado duas ou três vezes e jogado fora, quando não faz mais sentido guardá-lo. Isso os obrigará a repensar e a gerar novo conhecimento, porque provavelmente o futuro precisará de soluções nunca vistas. [...] O importante é vocês aprenderem a criar conhecimento, e não somente a usar o conhecimento do passado. Eu utilizo o termo administrativo "conhecimento *just in time"*. Vocês terão muitos problemas a resolver, e

---

[4] Rehfeldt, Zaro e Timm (2007), relato de experiência Modelagem Matemática: Uma Experiência no Ensino Superior com alunos do Curso de Administração apresentado no IX Encontro Nacional de Educação Matemática. Pivatto (2007), um modelo matemático aplicado à suinocultura na granja Pivatto, trabalho de conclusão do curso de Administração do Centro Universitário UNIVATES.

[5] Em alguns aspectos, a autora julga que a afirmação não é verdadeira, como no caso de conhecimentos da física e da matemática. O teorema de Pitágoras, por exemplo, é uma verdade de longa data. Por outro lado, as soluções de situações-problema dos administradores nas empresas precisam constantemente ser revisadas, uma vez que a maioria é resolvida heuristicamente. É nesse sentido que o conhecimento pode ser entendido de curta duração.

> terão de saber como analisá-los, gerando uma solução ou "conhecimento" apropriado, que não necessariamente servirá para o resto da vida. Daqui a alguns anos, a situação será outra, requerendo nova análise e solução. [...] O que eu peço a vocês, calouros de 2007, é que se concentrem em como gerar conhecimento. Como observar, como identificar variáveis relevantes, os personagens vitais do problema e os interesses. Como analisar alternativas e tomar decisões (Kanitz, (2007, p. 18).

O aluno precisa não apenas adquirir a habilidade de modelar matematicamente uma situação-problema, mas adaptá-la toda vez que a nova situação exigir. Assim, ele vai modificando seus modelos, bem como as soluções que destes advêm. Essa modificação pode ocorrer toda vez que o aluno - profissional da administração - defrontar-se com novas informações pertinentes à situação-problema, ou, então, quando ele as abstrair como parte do problema. Para Ausubel (2003), crianças mais velhas e adultos - como é o caso dos graduandos de administração - adquirem novos conhecimentos por meio da assimilação de conceitos, pois,

> se podem descobrir os atributos de critérios dos novos conceitos através da utilização, em novas combinações, de referentes existentes (palavras, bem como imagens), disponíveis na estrutura cognitiva da criança. Embora se devam utilizar auxiliares empíricos concretos para se facilitar a assimilação de conceitos nas crianças do ensino primário, também é possível, com crianças mais velhas, utilizar outros conceitos relevantes existentes nas estruturas cognitivas das mesmas, para se acelerar o processo de definição dos atributos de critérios dos novos conceitos (AUSUBEL, 2003, p. 92).

É justamente essa necessidade – a de estabelecer combinações entre novas e velhas informações – que o administrador precisa exercer no seu cotidiano de trabalho. Ou seja, adaptar um novo problema a um já conhecido, reconhecendo a existência de novas restrições ou incorporando novas variáveis é uma tarefa rotineira no exercício profissional. Portanto, acredita-se ser adequada a utilização da aprendizagem significativa como base teórica da pesquisa para observar o processo de modelagem de situações-problema empresariais.

Entende-se ainda que o gerenciamento do mundo dos negócios é algo dinâmico; portanto, é preciso adaptar-se com rapidez para buscar uma nova solução. Nesse sentido, recursos tecnológicos como o *software* LINDO podem contribuir, pois proporcionam velocidade às respostas dos problemas, reduzindo tempo de cálculo e possibilitando revisões nos modelos matemáticos. Constituem-se, assim, em ferramentas de apoio à decisão.

Conforme expresso anteriormente, as situações-problema podem ser percebidas como oportunidade para aprender e aplicar matemática. A necessidade de estudar modelos matemáticos é corroborada pela legislação que regulamenta o curso de Administração. A resolução 4, de 13 de julho de 2005 do CNE[6]/CES[7], publicada no Diário Oficial da União, institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação Administração, nas quais estão especificados, entre outros, o perfil desejado do formando, as competências, habilidades e os conteúdos necessários para graduar um aluno em Administração.

Com base neste documento, o Centro Universitário UNIVATES elaborou o projeto pedagógico do curso de Administração. Quanto ao perfil do formando consta:

> O curso de Administração da UNIVATES [...] propõe-se a formar um profissional:
> - com forte embasamento teórico sobre os temas da administração, com condições de transferir os conhecimentos teóricos para a prática;
> - capaz de tomar decisões, sendo um condutor de pessoas, através do exercício da liderança, utilizando para isso a habilidade de negociação e diálogo;
> - capaz de ver, compreender e analisar criticamente a complexidade organizacional a partir do entendimento da inter-relação entre o todo e as partes;
> - capaz de executar com competência as funções da administração;
> - capaz de trabalhar de forma interdisciplinar, ou seja, de relacionar a sua área com as demais;
> - dotado de espírito empreendedor, ético e cônscio da importância da sua profissão para o desenvolvimento da região em que atua (CENTRO, 2007, p. 23).

Nas competências e habilidades está expresso:

> - reconhecer e definir problemas, equacionar soluções, pensar estrategicamente, introduzir modificações no processo produtivo, atuar preventivamente, transferir e generalizar conhecimentos e exercer, em diferentes graus de complexidade, o processo de tomada de decisão;
> - desenvolver expressão e comunicação compatíveis com o exercício profissional, inclusive nos processos de negociação e nas comunicações interpessoais ou intergrupais;
> - refletir e atuar criticamente sobre a esfera da produção, compreendendo sua posição e função na estrutura produtiva sob seu controle e gerenciamento;
> - desenvolver raciocínio lógico, crítico e analítico para operar com valores e formulações matemáticas presentes nas relações formais e causais entre fenômenos produtivos, administrativos e de controle, expressando-se de modo crítico e criativo diante dos contextos organizacionais e sociais;
> - ter iniciativa, criatividade, determinação, vontade política e administrativa, vontade de aprender, abertura a mudanças e consciência da qualidade e das implicações éticas do seu exercício profissional;

---

[6] CNE - Conselho Nacional de Educação
[7] CSE – Câmara Superior de Educação

> - desenvolver capacidade de transferir conhecimentos da vida e da experiência cotidianas para o ambiente de trabalho e do seu campo de atuação profissional, em diferentes modelos organizacionais, revelando-se profissional adaptável;
> - desenvolver capacidade de elaborar, implementar e consolidar projetos em organizações;
> - desenvolver capacidade para atuar nas áreas de Administração Financeira Orçamentária, Administração estratégica; Administração de Materiais, Produção e Logística, Administração de Vendas e de Marketing, Administração de Recursos Humanos e Administração de Sistemas de Informações;
> - desenvolver capacidade para realizar consultoria em gestão e administração, pareceres e perícias administrativas, gerenciais, organizacionais, estratégicas e operacionais;
> - desenvolver consciência e percepção que, além de seus compromissos morais e éticos com indivíduos, clientes, organizações e sociedade, cabe-lhe o compromisso de interesse social como agente de transformação (CENTRO, 2007, p. 24-25).

Nos conteúdos curriculares lê-se:

> A matriz curricular do curso de Administração compõe-se de quatro aspectos fundamentais, quais sejam: a) o grupo de disciplinas que visam a contemplar os conteúdos que atendam as exigências nos campos da formação básica, formação profissional, estudos quantitativos e conteúdos de formação complementar; b) os estágios curriculares obrigatórios; c) as atividades complementares; e d) o trabalho de curso. [...]
> I – Conteúdos de Formação Básica: conteúdos relacionados com estudos antropológicos, sociológicos, filosóficos, sociológicos, ético-profissionais, políticos, comportamentais, econômicos, contábeis e ciências jurídicas.
> II – Conteúdos de Formação Profissional estão relacionados com as áreas específicas envolvendo teorias da administração e das organizações, administração de recursos humanos, mercado, marketing, produção, logística, finanças, orçamento, sistemas de informações, planejamento estratégico e serviços.
> III – Conteúdos de estudos quantitativos e suas tecnologias - abrangem pesquisa operacional, teoria dos jogos, modelos matemáticos e estatísticos e aplicação de tecnologias.
> IV – Conteúdos de Formação Complementar são conteúdos opcionais de caráter transversal e interdisciplinar para o enriquecimento do perfil do formando (CENTRO, 2007, p. 35-37).

Segundo essas diretrizes, modelos matemáticos devem estar contemplados na organização curricular dos projetos pedagógicos dos cursos de Administração. Na bibliografia da área do ensino da matemática, encontram-se autores favoráveis ao uso da modelagem matemática e estudos que, descritos a seguir, assinalam resultados nesta direção. Pesquisas, como as publicadas no Centro de Referência de Modelagem Matemática no Ensino – CREMM[8] - têm apontado o caminho da

[8] Um dos objetivos do CREMM é dispor de um Sistema de Documentação referente a pesquisas e práticas pedagógicas de Modelagem Matemática no Ensino dos mais diversos países que possam subsidiar alunos, professores e pesquisadores. O CREMM é vinculado à FURB - Universidade Regional de Blumenau, Santa Catarina.

modelagem com ou sem recursos computacionais como uma alternativa. Tomando-se como espectro 142 trabalhos publicados pelo CREMM - artigos ou anais de eventos -, especificamente relacionados a práticas pedagógicas no ensino superior ou abordando questões teóricas de forma geral, a maioria usa a modelagem em cursos de formação de professores. Entre estes trabalhos citam-se: Caldeira e Meyer (2001); Barbosa (2001, 2002, 2004a, 2004b); Cury (2003); Bello e Bassoi (2003); Diniz, Malheiros e Barbosa (2005); Malheiros, Borba e Diniz (2005); Dias (2004); Monteiro (2003); Almeida e Dias (2003, 2004); Barbosa, Araújo e Almeida (2004); Caldeira (2001, 2003a, 2003b, 2004, 2005); Almeida (2003, 2004); Freidemann, Barbosa, Almeida (2005); Gurgel (2003); Mendes, Paula e Souza (2005); Sant'Ana (2007); Cesa e Meurer (2003); Ferreira (2007); Dias (2003); Leite (2007); Almeida e Passos (2007); Bisgonin, Ferreira e Bisgonin (2007); Almeida e Fidelis (2003).

Outras descrevem experiências específicas realizadas com grupos de alunos, como a pesquisa relativa ao consumo de energia elétrica no horário de verão realizada no ensino tecnológico (ALMEIDA e FERRUZZI, 2003); vendas de aparelhos celulares e a modelagem matemática (BELINE, CECCATTO e DOS REIS, 2007); o cálculo da cubagem da madeira (BIEMBENGUT e HEIN, 1998). Há também menções ao uso de *softwares* ou outra tecnologia nos trabalhos de Araújo (2003); Borba, Menegheti e Hermini (1997); Santos e Almeida (2007); Magnago, Martins e Mendes (2007); Diniz (2007); Silva (2007) e Jacobini (2005). Entre os 142 títulos examinados, nenhum relaciona modelagem matemática a cursos de Administração. Há apenas menções aos trabalhos de Almeida e Borssoi (2003, 2004), relacionando modelagem matemática e aprendizagem significativa (AUSUBEL, 1980; 2003). Na pesquisa de Almeida e Borssoi (2004), são apontadas evidências de aprendizagem significativa nas produções dos alunos quando estes resolvem situações-problema relacionadas à área da química, observadas por meio de mapas conceituais.

Esse estudo imbrica as oportunidades emergentes que representam as situações-problema empresariais para alunos-trabalhadores; as exigências previstas na legislação vigente em relação à formação nos cursos de Administração; o perfil de alunos do curso de Administração do Centro Universitário UNIVATES; estudos já realizados e fundamenta-se teoricamente em Ausubel (1968, 2003) – aprendizagem significativa - , em Bassanezi (2002), em Goldbarg (2000), em Biembengut (1997,

2003) e em outros pesquisadores da área da modelagem matemática, em Prado (1999), em Arenales et al. (2007), em Lachtermacher (2002, 2007) e demais autores de pesquisa operacional, em Novak e em Gowin (1996) – para embasar mapas conceituais - e propõem-se as seguintes questões de pesquisa:

1.1 QUESTÕES DE PESQUISA

a) É possível observar aprendizagem significativa desenvolvendo um subsunçor relacionado à capacidade de modelar situações-problema empresariais a partir do uso de modelos matemáticos quando alunos do curso de Administração equacionam situações-problema empresariais com auxílio de *software* LINDO?

b) Os mapas conceituais podem contribuir na busca por evidências de aprendizagem significativa de alunos do curso de Administração em relação às exigências atuais de sua formação profissional?

c) É possível estabelecer relações entre modelos matemáticos e mapas conceituais quando alunos modelam situações-problema empresariais?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Acompanhar o processo de aquisição da aprendizagem significativa por meio do desenvolvimento de um subsunçor, a partir do uso de modelos matemáticos, quando alunos do curso de Administração equacionam situações-problema empresariais com auxílio de *software* LINDO.

1.2.2 Objetivos específicos

a) Adaptar o conceito de aprendizagem significativa de Ausubel para as necessidades do curso de Administração.

b) Acompanhar a construção do conhecimento pelos alunos verificando o estabelecimento de relações entre o processo de modelagem matemática e a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel.

c) Comparar modelos matemáticos iniciais e finais dos alunos e analisar, através de questionário semi-estruturado, mudanças nas categorias: a) capacidade de reconhecer e de definir problemas; b) capacidade de equacionar soluções; c) capacidade de pensar estrategicamente; d) capacidade de introduzir modificações no processo produtivo.

d) Acompanhar a produção de mapas conceituais iniciais e finais, perceber as mudanças no conceito de modelo matemático, bem como a conscientização dos alunos acerca do uso de modelos matemáticos para sua formação profissional.

e) Comparar os modelos matemáticos com os mapas conceituais para avaliar possíveis correlações entre o aumento do número de variáveis e restrições nos primeiros e o acréscimo de conceitos nos segundos.

1.3 ORGANIZAÇÃO DA TESE

A tese está dividida em seis capítulos. O primeiro, introdutório, versa sobre o contexto das necessidades do ensino da matemática no curso de Administração do Centro Universitário UNIVATES. São apresentadas as justificativas deste trabalho cuja ênfase está no atendimento às exigências previstas pela legislação vigente para a formação de profissionais de Administração. Propõe-se o uso de instrumentos de pesquisa para observar evidências de aprendizagem significativa. Ao fim deste capítulo, são relacionados os problemas de pesquisa, o objetivo geral, os objetivos específicos e a apresentação deste estudo.

O capítulo 2 aborda o referencial teórico cujo tema central encontra-se alicerçado na aprendizagem significativa de Ausubel (1968, 2003). Autores como Novak (1981,1985), Novak e Gowin (1996), Faria (1995), Moreira e Masini (1982), Moreira (2006) também são citados. Mapas conceituais são discutidos ao final deste capítulo.

O capítulo 3 versa sobre pesquisa operacional com ênfase em Arenales et al. (2007), Lachtermacher (2002, 2007), Caixeta Filho (2004), Loesch e Hein (1999), Goldbarg (2000) e Prado (1999); características e razões da escolha do *software* LINDO e modelagem matemática baseada em referenciais como os de Biembengut (1997, 2003), de Bassanezi (1994, 2002) e de Barbosa (2004a, 2004b, 2006).

No capítulo 4, é apresentada a metodologia. São descritos os pré-testes e o pós-teste, assim como a necessidade de uso dos organizadores avançados. Sugere-se, a partir da análise dos modelos matemáticos e à luz da teoria significativa de Ausubel (1968, 2003), a observação de mudanças nas seguintes categorias: a) capacidade de reconhecer e de definir problemas; b) capacidade de equacionar soluções; c) capacidade de pensar estrategicamente; d) capacidade de introduzir modificações no processo produtivo, todas elas presentes nas exigências de formação dos administradores. Para observar as duas primeiras categorias, foram comparados os modelos matemáticos elaborados pelos alunos no início do semestre com os elaborados no final do semestre, ao término da pesquisa. As categorias c e d foram analisadas a partir do questionário semiestruturado. Também foram elaborados e avaliados mapas conceituais individuais do conceito modelo matemático, um no início e outro no final do semestre. A função dos mapas conceituais foi corroborar as mudanças observadas nas categorias anteriormente mencionadas.

No Capítulo 5, são relatados os resultados da pesquisa com as respectivas discussões. Inicialmente, apresentam-se os instrumentos de coleta de dados do pré-teste realizado no semestre 2008 A e no 2008 B; no pós-teste, discutem-se as necessidades dos organizadores avançados, analisam-se os modelos matemáticos iniciais e os mapas conceituais iniciais. Os mapas iniciais são comparados com os finais, assim como os modelos matemáticos iniciais e finais. Postula-se a hipótese da existência de correlação entre a evolução dos modelos matemáticos e a nos mapas conceituais. Mostram-se, ainda, as percepções dos alunos a respeito do uso do *software* LINDO e da modelagem matemática.

E, por fim, no sexto capítulo, são apresentadas as conclusões e as propostas de seguimento de estudos.

2 FUNDAMENTOS

Este capítulo apresenta a fundamentação principal da pesquisa e inicia com a aprendizagem significativa de Ausubel (1968, 2003).

2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A essência deste capítulo é trazer uma abordagem cognitivista da aprendizagem com ênfase na teoria da aprendizagem significativa de David Paul Ausubel surgida na década de 60 e reiterada recentemente pelo próprio Ausubel (AUSUBEL, 2003). Para compreender os conceitos implícitos referentes à aprendizagem significativa e de que forma os mesmos se relacionam, a autora desta tese propõe um mapa conceitual, apresentado a seguir. Ao longo do capítulo, os conceitos representados no mapa são descritos detalhadamente, iniciando-se pela aprendizagem.

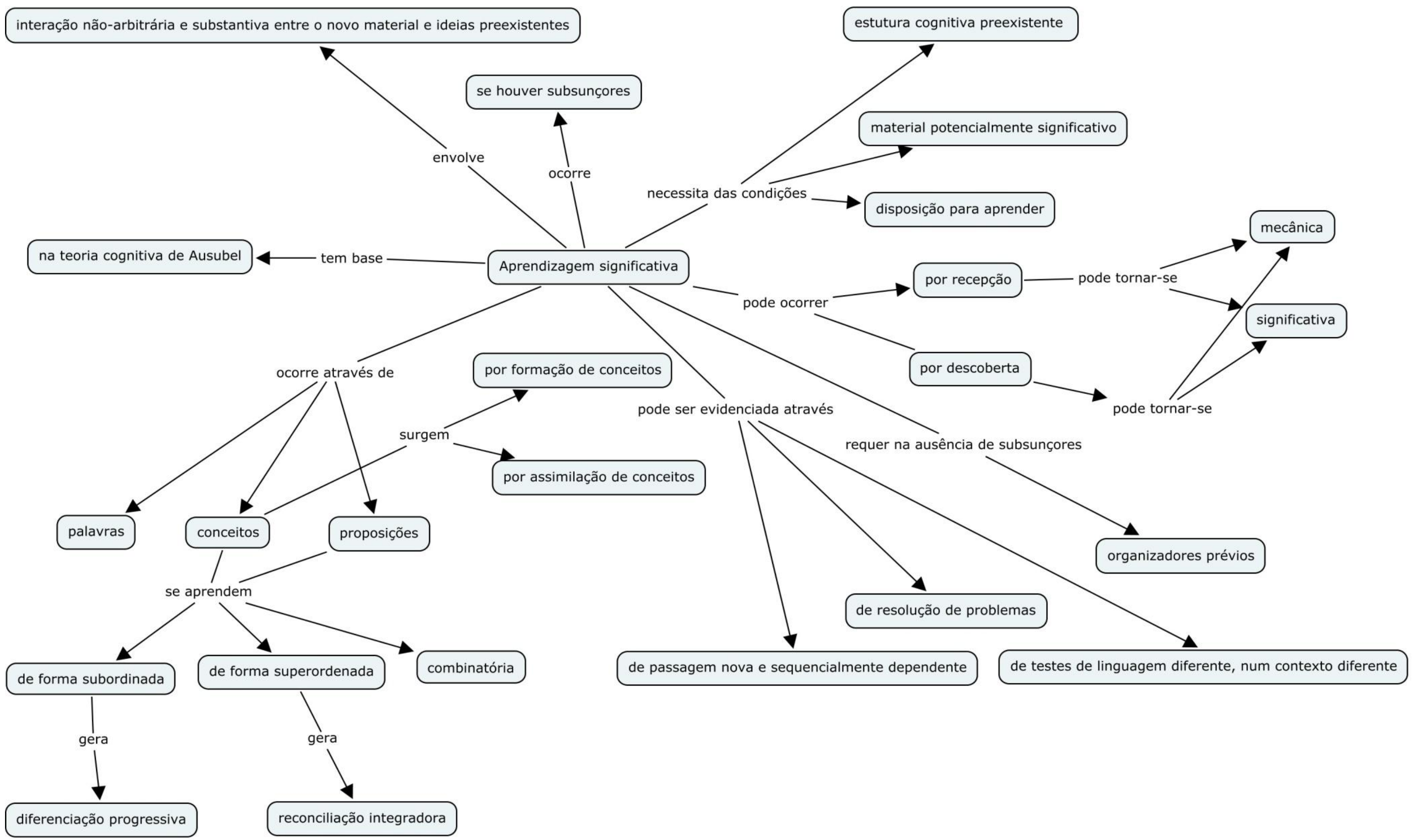


Figura 1 – Um mapa conceitual para a teoria da aprendizagem significativa

Na perspectiva cognitivista, a aprendizagem é entendida, segundo Moreira e Masini (1982), como um processo de armazenamento de informação de condensação em classes mais genéricas de conhecimentos, que são incorporados a uma estrutura no cérebro do indivíduo, a fim de que esta possa ser manipulada e utilizada posteriormente. Mais especificamente, Novak (1981) afirma que a informação é armazenada em determinadas regiões do cérebro e muitas células cerebrais são envolvidas na armazenagem de unidades de conhecimentos. "Uma nova aprendizagem resulta em mudanças nas células do cérebro, mas algumas células afetadas durante a aprendizagem são as mesmas que já armazenavam informação similar à nova que está sendo adquirida" (NOVAK, 1981, p. 56-57). É neste sentido que Ausubel propõe a aprendizagem significativa.

Para Ausubel (2003, p. 3), "a aprendizagem significativa envolve uma interação seletiva entre o novo material de aprendizagem e as ideias preexistentes na estrutura cognitiva", ocorrendo uma ancoragem – termo que sugere a ligação de ideias preexistentes com as novas ao longo do tempo. Entende-se então que, "no processo de subsunção, as ideias subordinantes preexistentes fornecem ancoragem à aprendizagem significativa de novas informações" (AUSUBEL, 2003, p. 3). Moreira e Masini (1982) afirmam que no processo da aprendizagem significativa, a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica que Ausubel define como subsunçores existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. Para que uma aprendizagem seja significativa, as ligações que necessitam ser estabelecidas entre as informações não devem ser simples. Conforme aponta Ausubel (2003), é algo complexo que depende dos elementos preexistentes na estrutura cognitiva. Da mesma forma, Ontoria et al. (1994, p. 11) afirmam "as novas ideias só podem apreender-se e reter-se utilmente, desde que se refiram a conceitos ou proposições já disponíveis e proporcionadores de 'âncoras' conceptuais".

Na compreensão de Moreira (2006), o cerne da teoria está na interação não-arbitrária e substantiva entre o novo conhecimento, potencialmente significativo, e algum conhecimento prévio, especificamente relevante, o chamado subsunçor, existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Esse aspecto relevante, segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), pode ser uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma proposição. Uma relação não-arbitrária para Ausubel, Novak e Hanesian

(1980 *apud* Faria, 1995, p. 49), “ocorre entre o novo material e uma ideia especificamente relevante, estabelecida na estrutura cognitiva, e não aleatoriamente com quaisquer ideias”. Há um sentido lógico de encadeamento entre as ideias. Um exemplo pode elucidar a compreensão.

> [...] os dados sobre temperatura média mensal das zonas urbanas relacionam-se significativamente com o conceito de clima e esses dados relacionam-se significativamente com ideias sobre irradiação solar, posições orbitais da Terra, e assim por diante, num encadeamento geralmente coerente (AUSUBEL, NOVAK E HANESIAN, 1980, p. 37).

A substantividade, segundo Moreira e Masini (1982, p. 105), é a “propriedade da tarefa de aprendizagem que permite a substituição de termos sinônimos sem mudança no significado ou alteração significante no conteúdo da tarefa em si”. De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 37-38), “a aprendizagem significativa não está condicionada ao uso ‘exclusivo’ de signos ‘particulares’ ou quaisquer outras representações particulares; o mesmo conceito ou proposição pode ser expresso através de uma linguagem sinônima, que vai remeter exatamente ao mesmo significado”. Assim, “cachorro”, *dog* e *Hund* induzem ao mesmo significado para uma pessoa que tem domínio da língua portuguesa, inglesa e alemã; para uma pessoa que conhece matemática elementar, os símbolos ½ e 0,5 também se equivalem (AUSUBEL, 2003; AUSUBEL, NOVAK E HANESIAN, 1980). A aprendizagem significativa ocorre, portanto, de forma não-arbitrária e substantiva quando for possível estabelecer uma equivalência representacional de conceitos na estrutura cognitiva. O indivíduo compreende conceitos e estabelece relações entre estes sinônimos.

De acordo com Teixeira (2006), a aprendizagem, no sentido ausubeliano, é o processo pelo qual se formam e se desenvolvem as estruturas cognitivas responsáveis pelo conhecimento, ou seja, pela compreensão de significados. As novas ideias são incorporadas às já existentes por meio de relações. Para que estas aconteçam e a aprendizagem se torne significativa, no mínimo, o aluno precisa saber estabelecer estas semelhanças e diferenças entre os conceitos já existentes e as novas informações e isso ocorre, conforme Moreira e Masini (1982), na estrutura cognitiva. Os autores destacados, baseados em Ausubel (1968, 2003), mencionam que é nesta estrutura que se processam a organização e a integração.

Conforme Ausubel (2003, p. 62),

> A estrutura cognitiva existente – a organização, estabilidade e clareza de conhecimentos de um indivíduo numa determinada área de matérias, em determinada altura – considera-se o principal fator a influenciar a aprendizagem e a retenção de novos materiais de instrução potencialmente significativos na mesma área de conhecimentos.

Ainda para Ausubel, Novak e Hanesian (1980), estrutura cognitiva quer dizer o conteúdo total e organizado de ideias que o indivíduo tem ou, no contexto da aprendizagem de determinados assuntos, o conteúdo e a organização de suas ideias naquela área específica de conhecimentos. De acordo com Moreira e Masini (1982, p. 4), estrutura cognitiva “é o complexo organizado resultante dos processos cognitivos, ou seja, dos processos mediante os quais se adquire e utiliza o conhecimento”. Nas palavras de Faria (1995, p. 47), baseado em Ausubel, Novak e Hanesian (1980), “a estrutura cognitiva apresenta um arcabouço de conceitos hierarquicamente organizados, que são as representações de experiência sensorial da pessoa”.

A aprendizagem de novos significados depende da organização dessa estrutura cognitiva. Nas palavras de Ausubel (2003), se ela for clara, estável e bem organizada, surgem novos significados com tendência a reter a força de dissociabilidade ou disponibilidade, mas se a estrutura cognitiva for instável, ambígua, desorganizada ou com organização caótica, dificilmente ocorrerão a aprendizagem significativa e a retenção. Miras (2001) acrescenta dois aspectos na aprendizagem de novos conhecimentos: (1) a disposição apresentada pelos alunos diante da aprendizagem; (2) as capacidades, instrumentos, habilidades e estratégias gerais que os mesmos são capazes de utilizar. O primeiro tem relação com o grau de equilíbrio pessoal do aluno, sua autoimagem e autoestima, suas experiências anteriores de aprendizagem, sua capacidade para assumir novos riscos e seu esforço para pedir, dar e receber auxílio, o que leva a inferir que a aprendizagem é um processo pessoal e idiossincrático. Dispor de capacidades, instrumentos, estratégias e habilidades é o segundo aspecto relevante, pois o aluno, com sua experiência, já possui certos níveis de inteligência, raciocínio e memória que lhe permitem certa compreensão para realizar a tarefa solicitada.

Para a autora anteriormente citada, linguagem (oral e escrita), representação gráfica e numérica, habilidades como sublinhar, anotar ou resumir, estratégias gerais para pesquisar e organizar informações, para revisar, para ler um texto de maneira compreensiva ou para escrever reflexivamente a respeito de um tema são exemplos de instrumentos de que o aluno pode e deve dispor.

Do ponto de vista desta pesquisa, a adaptação dos conceitos da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003) pode ser a descrita a seguir. Em nível de ensino superior, além das capacidades e habilidades anteriormente citadas, é possível que o acadêmico de Administração já tenha desenvolvido experiências profissionais relacionadas à tomada de decisões, bem como relativas à capacidade de observar, de compreender e de analisar a complexidade da organização em que atua, de entender as inter-relações entre os diferentes setores da empresa e de transferir conhecimentos da vida cotidiana para a ambiente de trabalho.

Entretanto, no cotidiano de sala de aula, algumas habilidades e capacidades como as anteriormente relacionadas estão ausentes. Segundo observações empíricas, os alunos do curso de Administração nem sempre têm conhecimentos prévios necessários para compreender problemas que envolvem ponto de equilíbrio, funções de custo, de demanda ou ainda de resolução de sistemas de equações com duas equações e duas incógnitas. Essa falta de conhecimentos prévios é perceptível na medida em que alguns conseguem equacionar algebricamente as situações-problema, enquanto outros não. Nas tentativas de solução, a maioria recorre à aritmética, o que nem sempre é suficiente. Para resolver problemas de programação linear – assunto da disciplina de Pesquisa Operacional, por exemplo -, é necessário que o aluno saiba traçar gráficos, encontrar a solução de um sistema de equações, estabelecer relações entre variáveis e traduzir problemas da linguagem corrente para a linguagem matemática (simbólica). Para este estudo, estes foram considerados os conhecimentos prévios necessários para iniciar a modelagem de situações-problema de programação linear.

De acordo com a concepção ausubeliana, o professor deve diagnosticar os conhecimentos do aluno acerca de situações de ensino que possibilitem promover a ancoragem das demais informações, caracterizando, assim, uma aprendizagem significativa. Um pré-teste pode diagnosticar conhecimentos prévios existentes relativos aos temas em estudo. Nos capítulos “Metodologia e análise dos resultados”, estão descritos detalhes sobre o pré-teste realizado nesta pesquisa.

2.1.1 As dimensões da aprendizagem significativa no plano ortogonal

Para Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 20), é possível “estabelecer uma distinção entre aprendizagem por recepção e aprendizagem por descoberta e uma outra, entre aprendizagem automática e significativa”. Comumente, há compreensões errôneas e infundadas de que a aprendizagem por descoberta é necessariamente significativa e de que a aprendizagem mecânica se dá por recepção. De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 23), cada eixo possui uma dimensão inteiramente independente. Assim, “uma proposição defensável é de que tanto a aprendizagem receptiva como a por descoberta podem ser automáticas ou significativas, dependendo das condições sob as quais a aprendizagem ocorre”, e isso tem relação com a forma como o professor organiza o conteúdo para sua aula.

As duas dimensões estão representadas na figura a seguir.

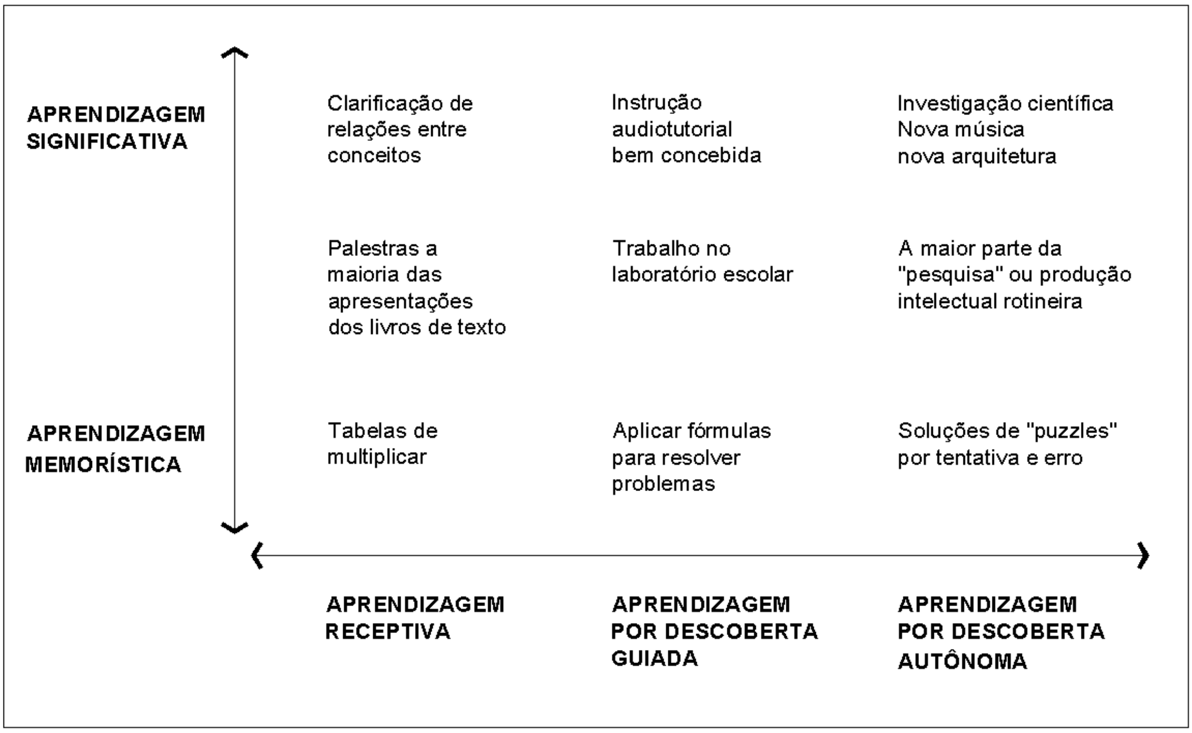


Figura 2 – As dimensões da aprendizagem, segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980)

Fonte: Ausubel, Novak e Hanesian, (1980, p. 21).

Para Ausubel (2003), a aprendizagem por memorização ocorre quando as tarefas de aprendizagem se relacionam de forma arbitrária e literal com a estrutura cognitiva e não resulta na aquisição de novos significados. A associação de pares é puramente arbitrária e não existe base possível para relacionar de modo não arbitrário a tarefa de aprendizagem. Da mesma forma, Moreira e Masini (1982) conceituam aprendizagem mecânica como sendo a aprendizagem de novas informações, com pouca ou nenhuma associação, com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. A nova informação é armazenada de maneira arbitrária e o conhecimento distribuído na estrutura cognitiva sem ligar-se a subsunçores específicos. Para Ausubel (2003) e Moreira e Masini (1982), a aprendizagem de sílabas sem sentido é um exemplo de aprendizagem mecânica. Na interpretação de Ausubel (2003), no ensino de física e de matemática, também há vários exemplos como memorização de fórmulas, leis ou conceitos, mas isso não quer dizer que não haja algum tipo de associação ou aprendizado.

Embora sejam processos diferentes, não são dicotômicos. “Ausubel não estabelece a distinção entre a aprendizagem significativa e mecânica como sendo uma dicotomia, e sim como um *continuum*” (MOREIRA e MASINI, 1982, p. 9). Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), quando o aluno não possui os subsunçores específicos, o que ocorre quando ele transita numa área completamente nova, a aprendizagem por memorização pode auxiliar na aquisição de novos elementos que possam servir de subsunçores para a ancoragem de novas informações. Assim, a aprendizagem mecânica pode trazer elementos necessários para a ancoragem de novos conhecimentos que tornam a aprendizagem significativa.

A outra dimensão, a aprendizagem por descoberta ou por recepção, tem relação com a forma como o conteúdo é repassado. Segundo Ausubel (2003), na aprendizagem por recepção, o conteúdo é apresentado na forma de uma proposição substantiva, ou que não apresenta problemas, na qual o aprendiz apenas necessita compreender e lembrar. Já na aprendizagem por descoberta, o aluno precisa, em primeiro lugar, descobrir o conteúdo, criando proposições que representem soluções para os problemas levantados, ou passos sucessivos para a resolução dos mesmos. Faria (1995) descreve de forma similar a aprendizagem por recepção, ou seja, ela ocorre quando o conteúdo instrucional é apresentado ao aluno na sua forma final, isto é, sem o processo que leva à descoberta. A aprendizagem por recepção pode ocorrer verbalmente, mas também inclui outras formas de recepção como, por exemplo, imagens, gráficos, *slides*. Estes materiais podem ser apresentados na forma final ou não. Caso o aluno necessite descobrir algum princípio, lei, relação científica, já se pode falar em aprendizagem por descoberta.

Assim como a aprendizagem significativa e a mecânica não são dicotômicas, a por descoberta e a por recepção também não são. Elas podem colocar-se num contínuo memorização-significativo.

Observando a figura 2 anteriormente apresentada, proposta por Ausubel, Novak e Hanesian (1980), é possível compreender, através de exemplos, como a aprendizagem receptiva pode tornar-se significativa. A clarificação de ideias estabelecendo semelhanças e diferenças entre conceitos repassados aos alunos de forma receptiva, realizada ao final de uma aula ou no desenvolvimento de um determinado conteúdo, pode constituir-se numa aprendizagem significativa. Também se observa que a solução de quebra-cabeças por tentativa e erro pode ser entendida como uma aprendizagem memorística, mas por descoberta, pois o aluno precisa solucionar o problema de forma autônoma, independente do professor. Outro exemplo a ser citado são as instruções audiotutorias, técnicas de tutoria interativa baseadas em fitas gravadas integradas e acompanhadas de textos impressos, cujo objetivo é promover o ensino individualizado. Estas técnicas, que se assemelham ao atual ensino a distância, eram muito populares nos EUA nas décadas de 70 e 80. Não se caracterizam como aprendizagem receptiva, nem por descoberta, autônoma. É possível compreendê-las como algo intermediário e como uma aprendizagem por descoberta guiada.

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), embora haja superposições, em geral, grande parte da aprendizagem acadêmica é adquirida por recepção, enquanto os problemas cotidianos são resolvidos através da aprendizagem por descoberta. Ou seja, o conhecimento adquirido na sala de aula pode ser usado para resolver problemas cotidianos e a aprendizagem por descoberta pode servir para ampliar, aplicar e testar a compreensão destes conhecimentos. No caso de alunos do curso de Administração, supõe-se que as experiências trazidas do cotidiano empresarial possam servir como situações-problema para estudos na academia. Por outro lado, as soluções acadêmicas, adquiridas por recepção, podem auxiliar no desenvolvimento e na busca de uma nova visão empresarial. Nesta pesquisa especificamente, a aquisição dos conhecimentos matemáticos prévios e também as noções a respeito de como operar com o *software* LINDO foram realizadas através da aprendizagem por recepção, visto que os discentes receberam o conteúdo instrucional na forma final, sem processo de descoberta. O conceito de aprendizagem significativa é discutido ao longo de todo o capítulo.

2.1.2 Aprendizagem de palavras, conceitos e proposições e o processo da assimilação

A essência deste subitem consiste em descrever como ocorre a aprendizagem de palavras, conceitos e proposições segundo Ausubel (2003). No caso desta pesquisa, há um interesse especial na aprendizagem conceitual por assimilação de conceitos que ocorre em adultos. No entanto, esta tem relação com a formação de conceitos que ocorre nas crianças.

A aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003; TEIXEIRA, 2006; MOREIRA e MASINI, 1982) se processa em três níveis. O primeiro nível diz respeito à aprendizagem de palavras, representações ou símbolos com seus significados específicos. O segundo refere-se aos conceitos, ou seja, às relações entre objetos, fatos ou ideias ligados por algo comum. No terceiro, mais complexo, está a aprendizagem de proposições**,** que estabelece relações entre as ideias expressas numa frase, a qual articula, numa unidade semântica, vários conceitos.

Para Moreira, Caballero e Rodríguez (1997), o tipo mais elementar de aprendizagem significativa é a aprendizagem do significado de símbolos individuais – palavras, ou a aprendizagem que elas representam. São signos ou símbolos isolados que servem para representar coisas. Nas palavras de Ausubel (2003, p. 1),

> A aprendizagem *representacional* (tal como a atribuição de um nome) aproxima-se da aprendizagem por memorização. Ocorre sempre que o significado dos símbolos arbitrários se equipara aos referentes (objetos, acontecimentos, conceitos) e tem para o aprendiz o significado, seja ele qual for, que os referentes possuem. A aprendizagem representacional é significativa, porque tais proposições de equivalência representacional podem relacionar-se de forma não arbitrária, como exemplares, a uma generalização existente na estrutura cognitiva de quase todas as pessoas, quase desde o primeiro ano de vida – de que tudo tem um nome e que este significa aquilo que o próprio referente significa para determinado aprendiz.

Por exemplo, quando se fala o nome gato, todos compreendem seu significado, que é único, próprio. Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), por volta do final do primeiro ano de vida, a criança já adquire a capacidade de compreender que é possível usar símbolos para representar qualquer significado e essa compreensão ocorre através da linguagem verbal. Assim, ela passa a compreender que cada objeto tem nome – uma representação - que se solidifica na estrutura cognitiva, tornando-se a base para a aprendizagem representacional subsequente. Por conseguinte, quando uma criança ouve a palavra cachorro, sua mente evocará a imagem de um cachorro. Nos primeiros anos de vida, segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), as palavras tendem a representar objetos concretos. Para uma criança de aproximadamente um ano, a palavra cachorro pode significar apenas a imagem do seu próprio cachorro ou o do vizinho, mas para uma criança em idade pré-escolar, significa os atributos essenciais de uma imagem composta - cachorro que a criança descobriu, por indução, a partir de sua própria experiência empírico-concreta com cachorros. E esta descoberta chama-se formação de conceitos.

Aprendizagem conceitual é uma aprendizagem substantiva de conceitos. No entendimento de Ausubel (2003, p. 2), conceitos são "objetos, acontecimentos, situações ou propriedades, com atributos específicos comuns, designados pelo mesmo signo ou símbolo". Moreira e Masini (1982) e Ausubel (2003) apontam dois métodos gerais de aprendizagem conceitual:

a) formação de conceitos - que ocorre principalmente nas crianças jovens. É a aquisição espontânea de ideias genéricas por meio de experimentações do tipo empírico-concreta. Consiste em um processo de abstração dos aspectos comuns característicos de uma classe de objetos ou eventos que variam contextualmente. É tipo uma aprendizagem por descoberta;

b) assimilação de conceitos - que é a forma dominante de aprendizagem conceptual nas crianças em idade escolar e nos adultos. É como os adultos adquirem novos conceitos pela recepção de seus atributos criteriais e pelo relacionamento desses atributos com ideias relevantes já estabelecidas na sua estrutura cognitiva.

Para Ausubel (2003), na formação de conceitos, os atributos específicos são adquiridos por meio de experiências diretas, ou seja, através de sucessivas fases de formulação de hipóteses, testes e generalizações. Mas, à medida que o vocabulário da criança se amplia, novos conceitos são adquiridos, principalmente por meio da assimilação, pois os atributos específicos dos novos conceitos podem ser definidos a partir da utilização de novas combinações de referentes disponíveis na estrutura cognitiva da criança. Segundo Moreira e Masini (1982), mudanças gerais na aquisição de conceitos têm relação com a dimensão concreto-abstrata do desenvolvimento cognitivo e podem ser agrupadas em três estádios: (1) pré-operacional – quando a criança limita-se à aquisição de conceitos primários; (2) operacional-concreto – quando a aquisição de conceitos se dá num nível mais alto de abstração e dá origem a significados de conceitos mais abstratos; (3) operações lógico-abstratas – quando os conceitos secundários complexos e da mais alta ordem podem ser relacionados diretamente sem auxílio empírico-concreto à estrutura cognitiva, e os produtos emergentes da conceitualização são refinados por verbalização para levar a ideias genéricas genuinamente abstratas, precisas e explícitas.

Ainda para Ausubel (2003), quando os conceitos têm nomes, como no caso dos objetos ou acontecimentos particulares, é mais rápido manipular, compreender e transferir os que têm nome dos que não o possuem. Os nomes dos conceitos são adquiridos pela aprendizagem representacional significativa depois de terem adquirido os significados dos próprios conceitos. No entanto, esse processo de aquisição de conceitos depende

> da existência de uma situação de aprendizagem significativa e da relação dos atributos específicos potencialmente significativos do conceito com as ideias relevantes existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, de uma forma não-arbitrária e substantiva (AUSUBEL, 2003, p. 2).

O nível de aprendizagem de proposições caracteriza-se pela aprendizagem do significado das proposições, ou seja, de ideias expressas por grupo de palavras combinadas. É semelhante à aprendizagem representacional, porém, num grau mais complexo. Ela só ocorre "na medida em que surgem novos significados depois de uma tarefa de aprendizagem potencialmente significativa se relacionar e interagir com ideias relevantes existentes na estrutura cognitiva" (AUSUBEL, 2003, p. 2).

Para Ausubel, Novak e Hanesian (1980), dependendo de como a nova ideia vai se relacionar com as ideias existentes, a aprendizagem de conceitos e proposições pode ser subordinada, superordenada ou combinatória. Conforme Moreira e Masini (1982), o processo de subsunção subordinada se dá quando um conceito ou proposição potencialmente significativa é assimilada sob a ideia mais inclusiva. Para Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 48), é o "processo de vincular informações a segmentos preexistentes da estrutura cognitiva". Pode ser representado num esquema como o a seguir.

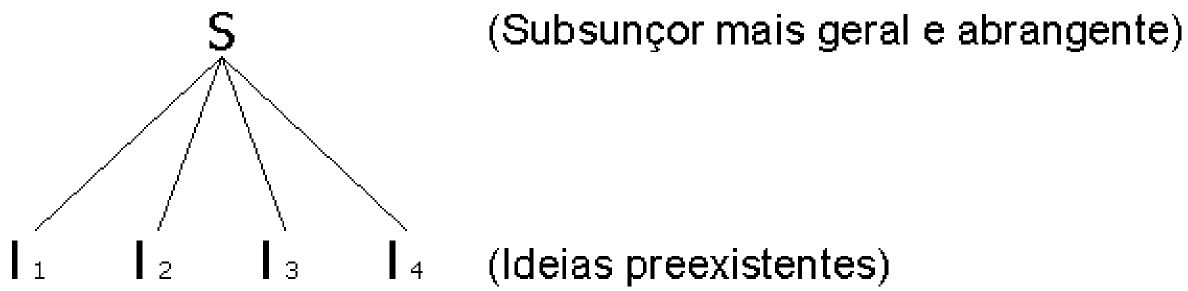


Figura 3 – Esquema da aprendizagem subordinada

Fonte: Elaborada pela autora

Baseado em Ausubel, Novak e Hanesian (1980), alguns exemplos podem auxiliar na compreensão do esquema mostrado anteriormente. Quando o aluno precisa aprender o conceito de urso polar, este vai ser assimilado pela ideia mais ampla de urso que ele já tem (S). Na matemática, um sistema de equações com duas equações e duas incógnitas vai ser assimilado pela ideia mais ampla de uma equação com duas incógnitas. Para Teixeira (2006), o subsunçor ou conceito mais inclusivo – no caso urso - também se modifica e adquire novos significados por um processo que Ausubel (2003) chama de diferenciação progressiva, conceito este que será exposto com mais detalhes posteriormente.

Ausubel (1968; 2003, p. 111) subdivide os tipos de subsunção em derivativa e correlativa.

a) Subsunção derivativa - Na subsunção derivativa, representada na figura 4, a nova informação a_5 está ligada à ideia subordinante *A* e representa outro caso ou extensão de *A*. Os atributos de critérios do conceito *A* não se encontram alterados, mas se reconhecem os novos exemplos como relevantes. O esquema a seguir mostra o processo da subsunção derivativa.

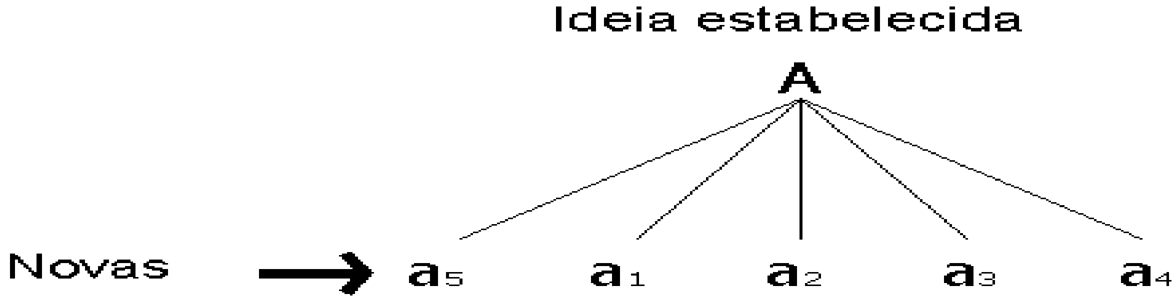


Figura 4 – Esquema de aprendizagem por subsunção derivativa

Fonte: Ausubel (2003, p. 111)

Pode-se dizer que este tipo de aprendizagem ocorre quando o material aprendido é entendido como um exemplo específico de um conceito já existente.

b) Aprendizagem correlativa - Na subsunção correlativa, a nova informação *y* está ligada à ideia *X*, mas é uma extensão, alteração ou qualificação de *X*. Os atributos de critérios do conceito de subsunção podem alargar-se ou alterar-se com a nova subsunção correlativa. O esquema a seguir mostra este tipo de processo.

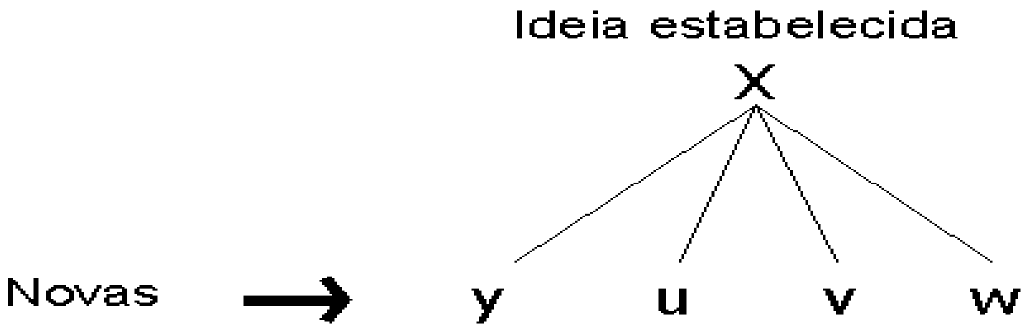


Figura 5 – Esquema de aprendizagem por subsunção correlativa

Fonte: Ausubel (2003, p. 111)

Outra forma de aprendizagem, segundo Ausubel (2003, p. 111), é a aprendizagem subordinante que ocorre quando as ideias estabelecidas a_1, a_2 e a_3 são reconhecidas como exemplos mais específicos da nova ideia *A* e se ligam a *A*. A ideia subordinante *A* define-se através de um novo conjunto de atributos de critérios que acompanham as ideias subordinadas, conforme pode ser observado no esquema a seguir.

Figura 6 – Esquema de aprendizagem superordenada ou subordinante

Fonte: Ausubel (2003, p. 111)

Em outras palavras, a nova ideia vai subordinar as ideias preexistentes menos gerais e abrangentes. Moreira e Masini (1982, p. 20) mencionam que “à medida que ocorre a aprendizagem significativa, além da elaboração de conceitos subsunçores, é também possível a ocorrência de interações entre esses conceitos”.

Há, ainda, uma terceira modalidade de aprendizagem – a combinatória. De acordo com Moreira (2006), os novos conceitos ou proposições não são subordináveis A, nem são capazes de subordinar algum subsunçor. Certas leis científicas, conforme o autor anteriormente citado, implicam esta última forma de aprendizagem significativa, pois, para compreender determinadas leis, há a necessidade de algum conhecimento mais específico. “A interação não é com algum conhecimento especificamente relevante, como na forma subordinada, mas sim, um *background* de conhecimento na área em questão” (MOREIRA, 2006, p.2).

Ausubel (2003, p. 111), menciona que

> a aprendizagem combinatória, considera-se que a nova ideia *A* está relacionada com as ideias existentes *B*, *C* e *D*, mas não é mais inclusiva nem mais específica do que as ideias *B*, *C* e *D*. Neste caso, considera-se que a nova ideia *A* tem alguns atributos de critérios em comum com as ideias preexistentes.

O esquema pode ser visto a seguir.

Figura 7 – Aprendizagem combinatória

Fonte: Ausubel (2003, p. 111)

Observando-se o esquema, pode-se perceber que neste tipo de aprendizagem não há relação de hierarquia entre os conceitos. Exemplos deste tipo de aprendizagem, segundo Teixeira (2006), ocorrem na aprendizagem de conceitos, como, por exemplo, demanda e preço, massa e energia, pobreza e natalidade, entre outros.

Para auxiliar na compreensão do que se entende por aprendizagem de conceitos, passar-se-á à explicação do termo assimilação. A figura a seguir pode dar uma noção geral do que Ausubel entende por assimilação.

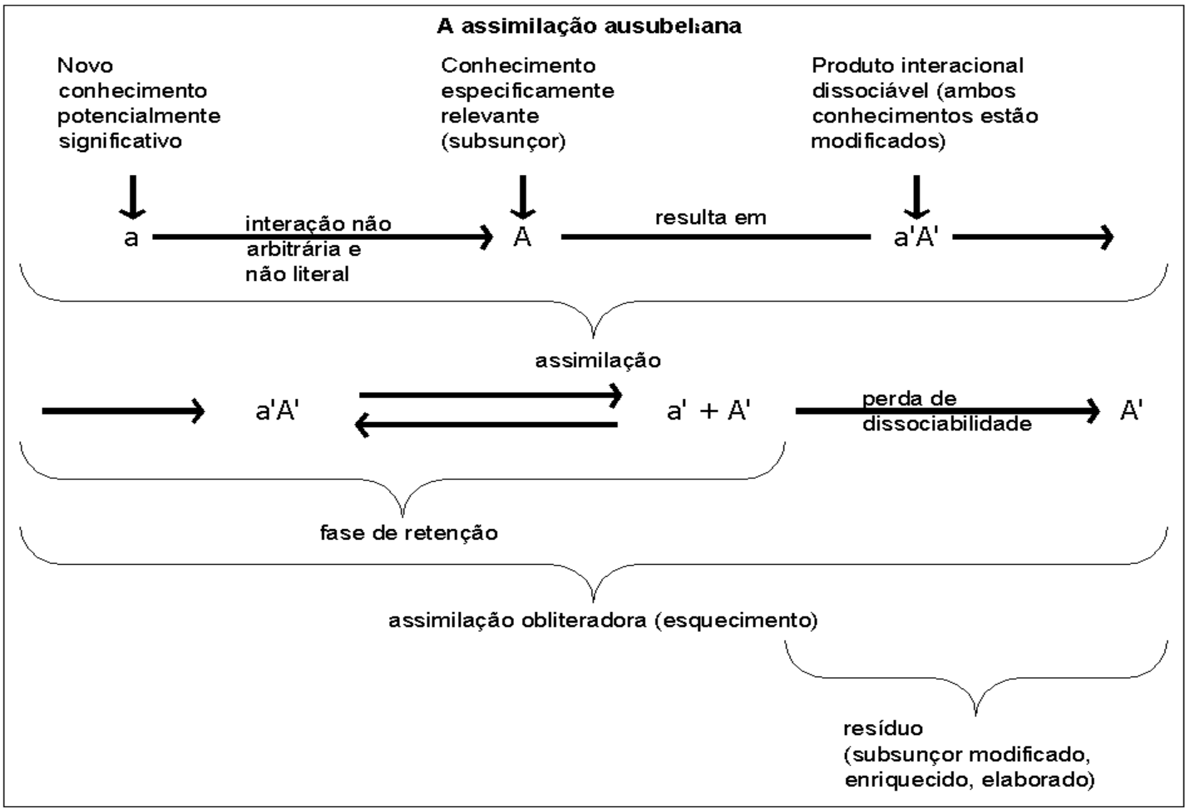


Figura 8 – A aprendizagem significativa na visão cognitiva clássica de Ausubel

Fonte: Moreira (2006, p. 2)

De acordo com Ausubel (2003), para que ocorra a assimilação, três aspectos são de suma importância: (1) aquilo que o aluno já sabe; (2) os materiais educativos devem ser potencialmente significativos – ter significado lógico; (3) o aprendiz deve ter subsunçores especificamente relevantes. Segundo Coll (2001), quando o aluno enfrenta um novo conteúdo a ser aprendido, fá-lo com base em uma série de conceitos, concepções, representações e conhecimentos adquiridos no decorrer de suas experiências anteriores que utiliza como instrumentos de leitura e de interpretação e que determinam em boa parte as informações que selecionará, como as organizará e que tipo de relações estabelecerá entre elas. Desta forma, partindo daquilo que o aluno já sabe, o novo conteúdo passará a ter significado e o processo de aprendizagem se iniciará. Na mesma linha, Porlan (1997) fala da importância do conhecimento pessoal dos alunos, que é construído, compartilhado; oposto ao conhecimento socialmente organizado em disciplinas. Ainda para o autor, o que se faz nas escolas é ensinar diretamente os conteúdos, pois se acredita que o aluno conseguirá descobrir e incorporar espontaneamente os conhecimentos que se apresentam, como se a mente do mesmo fosse um recipiente vazio que pudesse ser preenchido de qualquer maneira.

Há ainda um quarto aspecto que promove a aprendizagem - a pré-disposição do sujeito para aprender -, isto é, a intencionalidade de transformar em psicológico o significado lógico dos materiais (MOREIRA, 2006). Complementarmente, Moran, Behrens e Masetto (2003) mencionam que alunos curiosos e motivados facilitam o processo [ensino-aprendizagem], estimulam as melhores qualidades dos professores, tornam-se interlocutores lúcidos e parceiros de caminhada do professor-educador. “Alunos motivados aprendem e ensinam, avançam mais, ajudam o professor a ajudá-los melhor” (MORAN, BEHRENS E MASETTO, 2003, p. 17). Gagné (1974) também cita que o aluno antes de mais nada precisa estar motivado [a fim de realizar algo] para ingressar numa situação de aprendizagem. Para Wurman (1991, p. 146), a aprendizagem tem relação com o interesse. “O interesse permeia qualquer esforço e vem antes da aprendizagem”.

Ausubel (2003, p. 105) explica e exemplifica a assimilação da seguinte forma:

> Quando se apreende uma nova idéia a, através da relação e da interação com a ideia relevante A estabelecida na estrutura cognitiva, alteram-se ambas as ideias e assimila-se à ideia estabelecida A. Isto seria, geralmente, um caso de subsunção derivativa ou correlativa [...], quer a ideia ancorada A, quer a nova ideia a, se alteram de alguma forma na formação do produto interativo A'a'. Por exemplo, se A for o conceito de pecado cristão existente na estrutura cognitiva de uma criança, a pode ser uma apresentação de conceitos budistas de pecado, alterando, assim, ligeiramente o conceito que a criança tem de pecado cristão (A'), além de produzir um novo significado idiossincrático para o pecado budista (a').

Para o autor supracitado, à medida que o processo da assimilação continua, os significados de conceitos ou proposições podem não ser mais dissociáveis das ideias ancoradas. Neste caso, afirma o autor, ocorreu a assimilação obliterante ou um esquecimento significativo.

> Por conseguinte, algum tempo depois de ocorrer a aprendizagem, quando começa esta segunda fase – a da assimilação obliterante –, as ideias acabadas de apreender começam a tornar-se, progressivamente, menos dissociáveis (recuperáveis) das respectivas ideias ancoradas, como entidades por direito, até deixarem de estar disponíveis e se afirmar estarem esquecidas. Quando a força de dissociabilidade de a' desce abaixo de um determinado nível crítico (o limiar de disponibilidade), já não é de todo recuperável. Acaba por se chegar a um ponto nulo de dissociabilidade e A'a' sofre mais reduções até A' ou até ao próprio A – a ideia ancorada original (AUSUBEL, 2003, p. 108).

De acordo com Moreira e Masini (1982) e Ausubel (2003), o esquecimento é uma continuação temporal posterior do mesmo processo de assimilação que facilita a aprendizagem e a retenção de novas ideias. O fato de ocorrer assimilação obliteradora como uma continuidade da assimilação, não quer dizer que o subsunçor volte à sua forma original, seu resíduo é A' – o subsunçor modificado (MOREIRA e MASINI, 1982).

2.1.3 A estrutura hierárquica

Para Ausubel, Novak e Hanesian (1980), dependendo de como a nova ideia se relacionará com as ideias existentes, na aprendizagem significativa podem ocorrer dois processos correlatos: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

Moreira e Masini (1982, p. 21-22) definem diferenciação progressiva como “o princípio pelo qual o assunto deve ser programado de forma que as ideias mais gerais e inclusivas da disciplina sejam apresentadas antes e, progressivamente diferenciadas, introduzindo detalhes mais específicos”. Ocorre frequentemente no tipo de aprendizagem subordinada, que se caracteriza como o processo de vincular informações a segmentos preexistentes da estrutura cognitiva. Um exemplo pode elucidar melhor o conceito. Para alunos do curso de Administração que conhecem inicialmente as empresas e as variáveis que interferem nos processos de produção, torna-se mais fácil compreender um modelo matemático referente à determinada situação-problema. A empresa representa o conceito mais amplo enquanto a situação-problema é uma ideia diferenciada.

Ausubel (2003) afirma que é possível alcançar a diferenciação progressiva utilizando uma série hierárquica de organizadores por ordem descendente de inclusão. Os organizadores iniciais fornecem ancoragem a um nível global antes de o aprendiz ser confrontado com qualquer novo material. Deste modo, fornece-se, inicialmente, um modelo generalizado de relações de classes como subsunçor geral para todas as classes, subclasses e espécies novas antes de fornecer subsunçores limitados para subclasses ou espécies particulares que estes incluem. Conforme Ausubel, Novak e Hanesian (1980), alunos de graduação expostos a organizadores que privilegiam princípios subordinantes relevantes e adequadamente inclusivos são mais capazes de ler e de reter materiais desconhecidos.

A justificativa para estruturar organizadores, segundo a diferenciação progressiva, deve-se a dois fatos destacados por Moreira e Masini (1982) e Ausubel (2003). No entendimento destes autores: (1) é mais fácil para o ser humano captar aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas; (2) a organização do conteúdo de certa disciplina, na mente humana, é uma estrutura hierárquica na qual as ideias mais inclusivas estão no topo da estrutura e, progressivamente, incorporam proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados.

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), uma prática de ensino sem a integração de conceitos e proposições dificilmente atingirá resultados positivos. Em materiais didáticos, às vezes, os conteúdos são segmentados em capítulos, sem observar a integração. Essa prática inadequada de ensino promove um caráter memorizador dos conteúdos e dificuldades na retenção dos conceitos. O ensino das ciências e da matemática pode ser um exemplo clássico, pois fórmulas e símbolos são memorizados e a resolução de problemas estereotipados não garante a aprendizagem. Assim, estudantes memorizam conceitos e fórmulas, na maioria das vezes, apenas para fins de avaliação (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1980).

O professor, ao programar a organização dos conteúdos, além de preocupar-se em promover a diferenciação progressiva, deve facilitar o estabelecimento de relações de semelhanças e diferenças entre conceitos ou proposições. Nas palavras de Ausubel (2003, p. 6),

> A reconciliação integradora tem a tarefa facilitada no ensino expositivo, se o professor ou os materiais de instrução anteciparem e contra-atacarem, explicitamente, as semelhanças e diferenças confusas entre novas ideias e ideias relevantes existentes e já estabelecidas nas estruturas cognitivas dos aprendizes.

Ainda, de acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1980), as atividades propostas pelo professor devem permitir que os alunos possam reconhecer explicitamente as semelhanças e diferenças além de reconciliarem as inconsistências reais ou aparentes. Segundo Moreira e Masini (1982) e Ausubel (2003), a principal dificuldade encontrada é a contradição entre conceitos novos e ideias já estabelecidas na estrutura cognitiva. Em tais circunstâncias, o aprendiz pode invalidar novas proposições ou compartimentá-las como um aspecto isolado.

> Ao isolar-se, de forma arbitrária, conceitos e informações, é possível evitar a confusão, a interação e a assimilação obliterante das ideias contraditórias mais estabelecidas na estrutura cognitiva. Isto, como é óbvio, é simplesmente um caso especial de aprendizagem por memorização (AUSUBEL, 2003, p. 169).

Ausubel (2003, p. 169) ainda exemplifica

> se, por exemplo, o aprendiz não conseguir discriminar a nova ideia *A*’ da antiga A, A’, na verdade, não existe para o mesmo; em termos fenomenológicos (psicológicos), é a mesma que *A*. Ou, ainda, poderia haver uma tendência de reduzir A’ a A.

Com base nos conceitos de Ausubel (2003) e na observação empírica docente da autora desta tese, um exemplo pode auxiliar na compreensão das ideias anteriormente expostas. É comum encontrar alunos de graduação aplicando o algoritmo da regra de três em situações não-proporcionais. Isso mostra que o aluno tem dificuldade em estabelecer relações de semelhanças e diferenças entre situações nas quais podem ser aplicadas equações lineares e equações não-lineares.

Comparando-se a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora, pode-se sugerir um esquema como o a seguir, apresentado na figura 9. A diferenciação progressiva parte das ideias mais gerais e inclusivas (I_1) apresentadas em primeiro lugar, constituindo uma ordem descendente de inclusividade. A reconciliação integradora tenta estabelecer semelhanças e diferenças entre os conceitos e proposições mais específicos (I_5, I_6, I_7, I_8) para incluí-los sob nova organização na estrutura cognitiva.

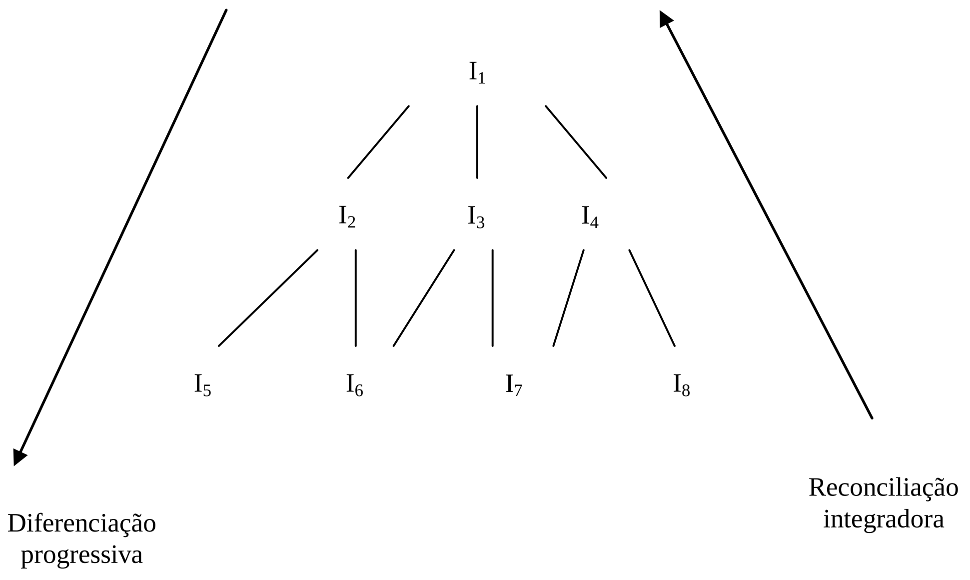


Figura 9 – Os processos cognitivos

Fonte: Elaborado pela autora, com base nas ideias de Ausubel

É importante compreender que os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora não são excludentes; mas correlatos e ocorrem concomitantemente. Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 104),

> toda aprendizagem que resulta na reconciliação integradora resultará também na posterior diferenciação dos conceitos e proposições existentes.

> A reconciliação integradora é uma forma de diferenciação progressiva de estrutura que ocorre na aprendizagem significativa.

A reconciliação integradora tem mais sentido se o aluno conseguir reconciliar seus próprios conceitos, estabelecendo semelhanças e diferenças e incorporando novos significados. Essa reconciliação se torna mais fácil quando vivenciada cotidianamente, como é o caso de alunos do curso de Administração que convivem com as situações-problema nos locais de trabalho. Outros autores, como Novak (1977), conforme afirmam Moreira e Masini (1982), argumentam ainda que, para atingir a reconciliação integrativa de forma mais eficaz, o ensino deve ser organizado 'subindo e descendo' nas estruturas hierárquicas toda vez que a nova informação é apresentada.

No início do item 2.1.3, dissertou-se sobre a forma como os conhecimentos novos podem ser ancorados aos conhecimentos já existentes pelos processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora. Para que ocorra a ancoragem, é necessária a existência de subsunçores. Segundo Miras (2001), seguidamente professores reclamam que os alunos nada sabem sobre determinado assunto, o que, segundo a autora, é algo um tanto exagerado, pois a construção do conhecimento na concepção construtivista é um processo progressivo e não é uma questão de tudo ou nada, mas sim de grau de conhecimento. O que pode acontecer é que as ideias prévias dos alunos são incompletas ou parcialmente errôneas, como apontam estudos de Harres (1999), Porlan (1997) e outros, e isso dificulta a ancoragem de novos conhecimentos. Caso os conhecimentos prévios não estejam disponíveis para ancorar novas ideias, Ausubel (2003, p. 11) propõe os organizadores avançados.

Um organizador avançado é um mecanismo pedagógico que ajuda a implementar estes princípios, estabelecendo uma ligação entre aquilo que o aprendiz já sabe e aquilo que precisa saber, caso necessite apreender novos materiais de forma mais ativa e expedita.

Na concepção de Ausubel (2003, p. 11):

> O organizador avançado resolve esta dificuldade [a não existência de subsunçores] desempenhando um papel de mediador, isto é, sendo mais relacional e relevante para o conteúdo particular da tarefa de aprendizagem específica, por um lado, e para com o conteúdo mais geral das ideias

> potencialmente ancoradas, por outro. Também facilita a aprendizagem através da alteração destas ideias, no sentido do conteúdo particular da matéria de aprendizagem (como resultado de o aprendiz as estudar antes de estudar a matéria de aprendizagem).

A função de um organizador prévio – assim chamado por Moreira e Masini (1982) - é servir de âncora para a nova aprendizagem. Segundo os autores anteriormente citados, o uso de organizadores prévios é uma estratégia proposta por Ausubel para manipular deliberativamente a estrutura cognitiva com a finalidade de facilitar a aprendizagem significativa. "Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do próprio material a ser aprendido" (MOREIRA e MASINI, 1982, p. 12).

De acordo com os autores supracitados, a função dos organizadores prévios é a de servir de ponte cognitiva entre aquilo que aluno já sabe e o que deverá aprender. Resumidamente, Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 144) definem que "a principal função do organizador está em preencher o hiato entre aquilo que o aprendiz já conhece e o que precisa conhecer antes de poder aprender significativamente a tarefa com que se defronta".

O material a ser apresentado poderá ser familiar ou não. No caso de não ser familiar, Ausubel (2003) sugere o uso de organizadores expositivos para que estes forneçam subsunçores relevantes próximos. Estes subsunçores mantêm uma relação superordenada com o novo material de aprendizagem, fornecendo uma ancoragem ideacional em termos do que já é familiar para o aprendiz. Isso poderá ocorrer pelo processo anteriormente já definido como integração progressiva. Se o material de aprendizagem for relativamente familiar, pode-se utilizar um organizador comparativo para integrar novas ideias com conceitos basicamente semelhantes na estrutura cognitiva ou para aumentar a capacidade de discriminação entre as ideias novas e as já existentes, que são essencialmente diferentes, mas confusamente semelhantes, através da reconciliação integradora.

Conforme Ausubel (2003), para a utilização dos organizadores, são essencialmente importantes as ideias prévias relevantes e a identificação de um conteúdo relevante pelos organizadores, como pode ser visto a seguir:

> 1. A importância de se possuírem ideias relevantes, ou apropriadas, estabelecidas, já disponíveis na estrutura cognitiva, para fazer com que as

> novas ideias logicamente significativas se tornem potencialmente significativas e as novas ideias potencialmente significativas se tornarem realmente significativas (isto é, possuírem novos significados), bem como fornecer-lhes uma ancoragem estável.
> 2. As vantagens de se utilizarem as ideias mais gerais e inclusivas de uma disciplina na estrutura cognitiva como ideias ancoradas ou subsunçores, alteradas de forma adequada para uma maior particularidade de relevância para o material de instrução. Devido à maior aptidão e especificidade da relevância das mesmas, também usufruem de uma maior estabilidade, poder de explicação e capacidade integradora inerentes.
> 3. O fato de os próprios organizadores tentarem identificar um conteúdo relevante já existente na estrutura cognitiva (e estarem explicitamente relacionados com esta) e indicar, de modo explícito, a relevância quer do conteúdo existente, quer deles próprios para o novo material de aprendizagem (AUSUBEL, 2003, p. 12).

De acordo com Moreira e Masini (1982), os organizadores prévios são mais eficientes quando apresentados no início das tarefas de aprendizagem do que se forem introduzidos simultaneamente com o material aprendido, pois assim suas propriedades integrativas ficam salientadas. Segundo observação empírica, organizadores prévios para alunos do curso de Administração podem ser situações-problema já descritas por alunos concluintes ou encontradas em livros didáticos e que são semelhantes às oriundas das empresas nas quais os alunos atuam profissionalmente. Resumindo, os organizadores prévios são oportunidades para ancorar novos conhecimentos de forma mais estável.

2.1.4 Condições para a ocorrência da aprendizagem significativa e a evidência de aprendizagem significativa

Quando se tratou do processo de assimilação, já foram mencionadas as condições para a ocorrência da aprendizagem significativa, porém de forma limitada. O intuito deste tópico é descrevê-las com mais alguns detalhes. Julga-se ser relevante abordar estes itens para fundamentar a pesquisa, visto que os sujeitos de estudo precisam dispor de condições para a ocorrência da aprendizagem significativa e assim obterem-se evidências desta aprendizagem. Para Ausubel, Novak e Hanesian (1980), a essência da aprendizagem significativa, conforme expresso anteriormente, está no fato de que as novas ideias devem relacionar-se com aquilo que o aluno já sabe, de forma não arbitrária e substantiva (não-literal) a algum aspecto relevante da sua estrutura de conhecimento – um subsunçor, que pode ser um símbolo, um conceito ou uma proposição.

Nas palavras de Ausubel (2003, p. 72),

> a aprendizagem significativa exige que os aprendizes manifestem um mecanismo de aprendizagem significativa (ou seja, uma disposição para relacionarem o novo material a ser apreendido, de forma não arbitrária e não literal, à própria estrutura de conhecimentos) e que o material que apreendem seja potencialmente significativo para os mesmos, nomeadamente relacional com as estruturas de conhecimento particulares, numa base não arbitrária e não literal.

Muitas vezes, alunos desenvolvem mecanismos de memorização em vez de privilegiar o desenvolvimento da aprendizagem significativa. Justifica-se este fato, segundo Ausubel (2003), por várias razões: (1) professores nem sempre aceitam definições próprias dos alunos, isto é, preferem transcrições literais sem muito significado para o aluno, que por sua vez tem receio de que sua avaliação não seja positiva; por isso, tem o hábito de efetuar cópias; (2) o alto nível de ansiedade e os sucessivos fracassos em determinadas áreas do conhecimento também suscitam uma aprendizagem por memorização; (3) às vezes, é exigida do aluno uma fluência na definição de conceitos, o que o obriga a memorizá-los, gerando uma falsa impressão de que os mesmos foram compreendidos. A exigência de definições precisas em detrimento de algumas conceituações mais simples e até com imprecisões, porém construídas, pode privilegiar uma aprendizagem por memorização.

Para compreender melhor as condições para a aprendizagem significativa, as relações entre aprendizagem significativa, significação e potencial, significação lógica e significado psicológico, apresenta-se a seguir uma tabela elaborada por Ausubel (2003).

Tabela 1 – Relações entre aprendizagem significativa, significação e potencial, significação lógica e significado psicológico

A	**APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA** ou **AQUISIÇÃO DE SIGNIFICADOS**	exige	(1) Material Potencialmente Significativo	e	(2) Mecanismo de Aprendizagem Significativa
B	**SIGNIFICAÇÃO POTENCIAL**	depende de	(1) Significação Lógica (a capacidade de relação não arbitrária e substantiva do material de aprendizagem com ideias relevantes correspondentes, que se situam no âmbito da capacidade de aprendizagem humana)	e	(2) Disponibilidade de tais ideias relevantes na estrutura cognitiva particular do aprendiz
C	**SIGNIFICADO PSICOLÓGICO (SIGNIFICADO FENOMENOLÓGICO IDIOSSINCRÁTICO)**	é o produto de	(1) Aprendizagem Significativa	ou de	(2) Significação Potencial e Mecanismo de Aprendizagem Significativa

Fonte: Ausubel (2003, p. 73)

Quanto à natureza do material, conforme apontam Moreira e Masini (1982), ele deve ser logicamente significativo, suficientemente não arbitrário e não aleatório em si, de modo que possa ser relacionado, de forma substantiva e não arbitrária a ideias correspondentes relevantes que se situem no âmbito da capacidade de aprendizagem humana. Quanto à natureza da estrutura cognitiva do aprendiz, nela devem estar disponíveis as ideias relevantes (subsunçores específicos) com os quais o novo material é relacional.

Para Ausubel, Novak e Hanesian (1980), a aprendizagem é significativa se o indivíduo consegue apreender a organização lógica subjacente ao material a ser apreendido, o que implica fazer corresponder na estrutura psicológica a estrutura lógica do conhecimento científico, fundada em uma lógica de classificação. Dessa forma, pode-se entender que o significado psicológico - um fenômeno cognitivo completamente idiossincrático - é o produto da aprendizagem significativa. Teixeira (2006), baseado em Ausubel (1973), destaca semelhanças e diferenças entre as estrutura lógica e psicológica, em quatro aspectos principais:

a) Quanto ao significado – o significado lógico refere-se aos atributos do material a ser aprendido e depende somente da natureza desse material, isto é, é potencialmente lógico se é substantivo e não arbitrário. O significado psicológico é idiossincrático e pode tornar-se lógico na medida em que houver a possibilidade de incluir na estrutura cognitiva do aluno as relações substantivas do conteúdo a ser estudado. Assim, o significado psicológico depende de várias condições como atitudes do aluno, organização lógica do conteúdo e de uma base conceitual necessária à sua compreensão.

b) Quanto ao processo de organização – os processos de organização das estruturas lógica e psicológica do conhecimento não são iguais. A organização lógica deriva da lógica de classificação, enquanto a psicológica é regida por leis da aprendizagem e de retenção significativa. Mas essas regras tendem a aproximar-se na medida em que a aprendizagem significativa é um processo de inclusão de novos conceitos aos já existentes de maior generalidade. “Por outro lado, a estrutura psicológica está sujeita a decrescer com a idade e a lógica não” (Teixeira, 2006, p. 76).

c) Quanto à ordem dos elementos componentes – a estrutura lógica usa conceitos gerais e inclusivos como elementos organizadores voltados mais para a conexão entre os conceitos e proposições e sua homogeneidade, enquanto a estrutura psicológica, por envolver os processos de aprendizagem e retenção, implica diferenciação progressiva em função do grau de generalidade e inclusividade. Nesse sentido, a estrutura psicológica está mais afastada da estrutura lógica no início do desenvolvimento, mas tende a aproximar-se da mesma na medida em que o indivíduo desenvolve capacidades cognitivas maduras que podem ordenar de forma mais sistemática fatos, conceitos e proposições, relativos a um determinado assunto.

d) Quanto à maturidade cognitiva – “o funcionamento intelectual relativo à dimensão concreto-abstrato é fator determinante da maturidade cognitiva do conteúdo da estrutura psicológica do conhecimento” (Teixeira, 2006, p. 77). De forma diferente, a estrutura lógica de um conteúdo não apresenta essa variação, pois, nesse caso, os níveis de abstração e de generalidades são altos. Apenas quando o indivíduo se encontra nos níveis mais avançados de desenvolvimento intelectual, é possível encontrar na estrutura psicológica do conhecimento um alto grau de maturidade dos atributos cognitivos do conteúdo, isto é, quando o pensamento se torna menos dependente do concreto, maneja relações entre abstrações, estabelece relações possíveis e hipotéticas entre conceitos e é capaz de explicitá-las de modo formal.

De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1980), compreender um conceito ou uma proposição significa a posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis. Porém, chegar à conclusão de que, de fato, houve aprendizagem significativa não é uma tarefa fácil, pois é possível memorizar conceitos de forma mecânica. Ausubel (2003) sugere (1) que, ao realizar testes de compreensão, estes devem, no mínimo, ser expressos em diferentes linguagens e apresentados num contexto diferente do material originalmente encontrado. Caso contrário, podem simular aprendizagem significativa. (2) A resolução de problemas também é uma opção prática de busca de evidências de aprendizagem significativa. Porém, deve-se ter o cuidado para não inferir que aluno que não resolveu um problema é sinônimo de que não houve aprendizagem significativa. A resolução de problemas bem sucedida exige muitas outras habilidades e qualidades – como poder de raciocínio, perseverança, flexibilidade, ousadia, improviso e sensibilidade aos problemas – além da compreensão dos princípios subjacentes. No contexto desta pesquisa, acredita-se que a resolução de problemas empresariais seja uma alternativa na busca por evidências de aprendizagem significativa. (3) Outra possibilidade é apresentar ao aluno uma passagem nova e sequencialmente dependente, que não pode ser dominada se não houver uma compreensão genuína da tarefa de aprendizagem anterior. Ausubel (2003, p. 131) ainda sugere

> [...] quando se procuram provas da aprendizagem significativa, quer seja através de questionamento verbal, de aprendizagem sequencialmente dependente ou de tarefas de resolução de problemas, deve ter-se sempre em conta a possibilidade de memorização. Uma vasta experiência na realização de exames faz com que os estudantes se tornem adeptos da memorização, não só de proposições e de fórmulas chave, mas também de causas, exemplos, razões, explicações e formas de reconhecimento e de resolução de ‘problemas tipo’. Pode evitar-se melhor o perigo da simulação memorizada da compreensão significativa através de colocação de questões e de problemas que possuam uma forma nova e desconhecida e exijam uma transformação máxima de conhecimentos existentes.

Desta forma, deve-se ter o cuidado, ao propor atividades, para não cair numa armadilha e os resultados não traduzirem o resultado real.

Uma das formas de verificar as relações estabelecidas entre os conceitos numa área específica é a utilização de mapas conceituais. Assim, justifica-se a inclusão do item a seguir.

2.1.5 Mapas conceituais

Para compreender mapas conceituais, é oportuno apresentar um mapa conceitual envolvendo os conceitos centrais de mapas conceituais. O modelo a seguir, de Dutra et al (2006a), retrata as principais ideias relacionadas ao tema que são explicitadas a seguir.

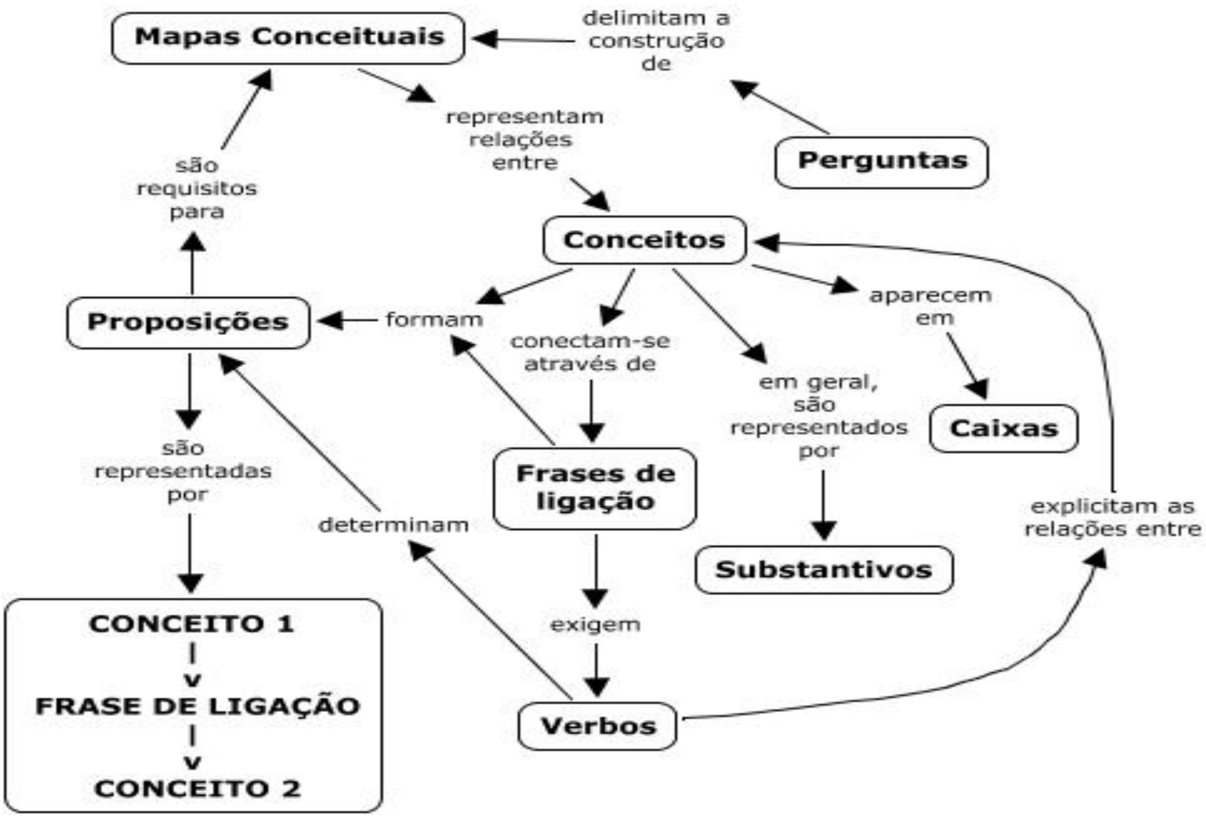


Figura 10 – Mapa Conceitual sobre Mapas Conceituais

Fonte: Dutra et al. (2006a)

Segundo Faria (1995), um mapa conceitual é um esquema gráfico para representar a estrutura básica de partes do conhecimento sistematizado representado pela rede de conceitos e proposições relevantes deste conhecimento. Na mesma linha de raciocínio, Moreira e Masini (1982) definem mapas como diagramas hierárquicos que procuram refletir a organização conceitual de uma disciplina ou parte de uma disciplina. Complementarmente, Novak e Gowin (1996) mencionam que mapas conceituais são organizadores gráficos que representam relações significativas entre conceitos na forma de proposições.

Dutra et al. (2006a, p. 1), com base em Novak (NOVAK e GOWIN, 1984), afirmam que "o mapa conceitual é uma representação gráfica em duas dimensões de um conjunto de conceitos construídos de tal forma que as relações entre eles sejam evidentes", conforme pode ser visto na figura anterior. "Os conceitos centrais aparecem dentro de caixas, nos nós do grafo, enquanto as relações entre os conceitos são especificadas através de frases de ligação nos arcos que unem os conceitos." Quando dois ou mais conceitos são conectados por frases de ligação criando uma unidade semântica, forma-se uma proposição.

Segundo Faria (1995) e Dutra et al. (2006a), Joseph Novak foi o criador dos mapas conceituais. Novak utilizou-os em pesquisas longitudinais, objetivando verificar como os significados de conceitos, em estudantes individuais, se modificam no decorrer do tempo. "Para isso, eles [Novak e colaboradores] utilizaram entrevistas clínicas, inspirados na técnica usada por Piaget em pesquisa psicogenética, para obter dados a partir dos quais eram gerados os mapas conceituais" (FARIA, 1995, p. 1-2).

Moreira e Buchweitz (1993) afirmam que o mapa conceitual é uma técnica muito flexível, e em razão disso, pode ser utilizado em diversas situações como instrumento de análise de currículo, técnica didática, recursos de aprendizagem ou meio de avaliação. Na mesma linha de raciocínio, Faria (1995) menciona que mapas conceituais podem ser utilizados como estratégia de estudos (REIGELUTH, 1979, PONTES NETO, 1993); como possibilidade de apresentação de itens curriculares (NOVAK, 1981; NOVAK e GOWIN, 1985; MOREIRA e AXT, 1986; ROTH e ROYCHOUDHURY, 1992, *APUD* FARIA, 1995); como instrumento de avaliação (no sentido de obter informações sobre o tipo de estrutura que o aluno vê para um dado conjunto de conceitos) da aprendizagem escolar (NOVAK e GOWIN, 1985; MOREIRA e GOBARA, 1983; FARIA, 1995). Em algumas pesquisas educacionais, os mapas conceituais elaborados por especialistas são comparados com os dos alunos em vários momentos do processo de aprendizagem escolar; em outras, são analisadas apenas as mudanças dos conteúdos e de organização retratadas nos mapas conceituais de alunos, enfatizando o processo de construção e originalidade da construção individual.

Para Moreira (2005), a aprendizagem significativa implica atribuição de significados idiossincráticos; por isso, os mapas conceituais traçados por professores e alunos refletirão tais significados. Isso, dito em outras palavras, quer dizer que não existe o mapa conceitual correto; o que existe é um mapa conceitual e cada aluno apresentará o seu. Cabe ao professor analisar, principalmente, se há evidências de que o aluno está aprendendo significativamente o conteúdo. Os mapas conceituais normalmente têm uma organização hierárquica e incluem setas, mas não devem ser confundidos com organogramas ou diagramas de fluxo, pois não implicam sequência lógica, temporalidade ou direcionalidade, nem hierarquias organizacionais ou de poder.

> Mapas conceituais são diagramas de significados, de relações significativas; de hierarquias conceituais, se for o caso. Isso também os diferencia das redes semânticas que não necessariamente se organizam por níveis hierárquicos e não obrigatoriamente incluem apenas conceitos. Mapas conceituais também não devem ser confundidos com mapas mentais que são associacionistas, não se ocupam de relações entre conceitos, incluem coisas que não são conceitos e não estão organizados hierarquicamente. Não devem, igualmente, ser confundidos com quadros sinópticos que são diagramas classificatórios. Mapas conceituais não buscam classificar conceitos, mas sim relacioná-los e hierarquizá-los (MOREIRA, 1987, p. 1).

O esquema a seguir pode elucidar como é possível construir um mapa conceitual à luz da aprendizagem significativa de Ausubel.

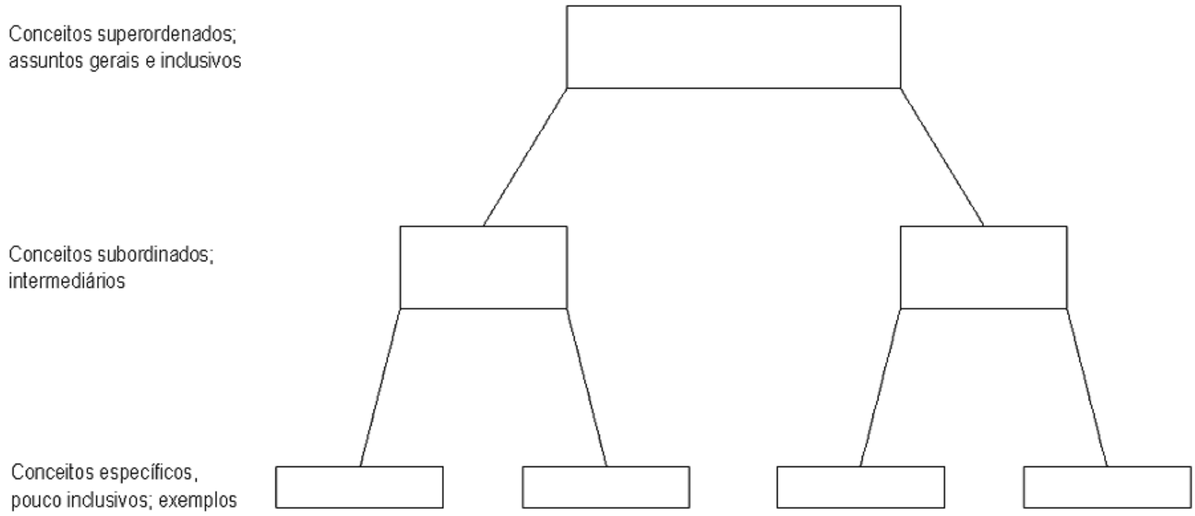


Figura 11 – Um modelo para mapeamento conceitual segundo a teoria de Ausubel

Fonte: Moreira (1987)

Embora os mapas conceituais sejam flexíveis, frequentemente observam-se princípios da teoria de Ausubel como, por exemplo, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora, o que tem relação direta com a forma como o professor programa o conteúdo. A diferenciação progressiva é observada quando o conteúdo é programado hierarquicamente, indo das ideias (conceitos e proposições) mais gerais para as sucessivamente mais específicas, enquanto a reconciliação integrativa aparece no delineamento explícito das relações entre as ideias (semelhanças e diferenças reais ou aparentes entre as mesmas). Normalmente, seguem um modelo hierárquico com conceitos mais inclusivos no topo e específicos na base. Não há regras fixas para o traçado de mapas conceituais, mas o instrumento deve ser capaz de evidenciar significados atribuídos a conceitos e relações entre os mesmos num contexto de disciplina. Além disso, o aluno deve ser capaz de explicar o significado da relação que ele estabeleceu entre dois conceitos.

Moreira e Masini (1982) mencionam vantagens e desvantagens do ponto de vista instrucional em relação ao uso de mapas conceituais. Entre as vantagens citam: (1) enfatizam a estrutura conceitual de uma disciplina e o papel dos sistemas conceituais no seu desenvolvimento; (2) mostram que os conceitos de certa disciplina diferem quanto ao grau de inclusividade e generalidade e apresentam esses conceitos em uma ordem hierárquica de inclusividade, que facilita a aprendizagem e a retenção dos mesmos; (3) provêm de uma visão integrada do assunto e uma espécie de lista daquilo que foi elaborado nos materiais instrucionais.

Como desvantagens citam: (1) caso o mapa não tiver significado para os alunos, eles poderão encará-lo simplesmente como algo a mais a ser memorizado; (2) os mapas podem ser muito complexos ou confusos, dificultando a aprendizagem e a retenção em vez de facilitá-las; (3) a habilidade dos alunos para construírem suas próprias hierarquias conceituais pode ficar inibida em função de eles já receberem prontas as estruturas propostas pelo professor.

Segundo Moreira (2005), mapas conceituais datam da década de setenta, mas ainda não são utilizados rotineiramente nas salas de aula, embora haja relatos nas mais diversas áreas e em todos os níveis de escolaridade. No Rio Grande do Sul, destacam-se os estudos de Moreira (1999, 2005), Dutra, Fagundes e Cañas (2004), bem como artigos desenvolvidos por alunos do Programa de Pós-Graduação de Informática na Educação e publicados na Revista Novas Tecnologias na Educação (SOUZA et al., 2006; DUTRA et al., 2006a; DUTRA et al., 2006b). Há também uma comunidade virtual[9] para professores e pesquisadores vinculada ao Laboratório de Ensino em Educação a Distância do Colégio Aplicação da UFRGS, que discute questões pertinentes ao uso de mapas conceituais em fóruns, listas e publicações, com mais de 300 professores cadastrados (DUTRA et al., 2006a).

No presente estudo, os mapas conceituais (iniciais e finais) foram utilizados como meio de avaliação (aumento de conceitos e frases de ligação) no sentido de verificar mudanças no conceito *modelo matemático.* Segundo Moreira (2005), na avaliação através de mapas conceituais, a ideia central é a de verificar o que o aluno sabe em termos conceituais, isto é, como ele estrutura, hierarquiza, diferencia, relaciona, discrimina, integra conceitos de uma determinada unidade de estudo, tópico, disciplina. Desta forma, os mapas se constituem em uma visualização de conceitos e relações hierárquicas entre os mesmos, uma maneira de exteriorizar o que o aluno já sabe. Convém frisar que se trata de representação aproximada do conhecimento prévio do aluno.

---
[9] Site http://mapasconceituais.cap.ufrgs.br/mapas.php

Os conceitos anteriormente discutidos - vinculados à aprendizagem significativa - foram observados na disciplina de Pesquisa Operacional. Conceitualmente, pesquisa operacional pode ser entendida como uma ciência voltada para a tomada de decisões que se utiliza de modelos matemáticos para apoiá-las. Desta forma, justifica-se a inclusão e a descrição do capítulo a seguir: Pesquisa operacional e modelos matemáticos.

3 PESQUISA OPERACIONAL E MODELAGEM MATEMÁTICA

Ou isto ou aquilo

Cecília Meireles

Ou se tem chuva e não se tem sol,
ou se tem sol e não se tem chuva!

Ou se calça a luva e não se põe o anel,
ou se põe o anel e não se calça a luva!

Quem sobe nos ares não fica no chão,
quem fica no chão não sobe nos ares.

É uma grande pena que não se possa
estar ao mesmo tempo nos dois lugares!

Ou guardo o dinheiro e não compro o doce,
ou compro o doce e gasto o dinheiro.

Ou isto ou aquilo: ou isto ou aquilo...
e vivo escolhendo o dia inteiro!

Não sei se brinco, não sei se estudo,
se saio correndo ou fico tranqüilo.

Mas não consegui entender ainda
qual é melhor: se é isto ou aquilo.

A poesia de Cecília Meireles incita reflexões acerca das escolhas que o ser humano faz ao longo da vida, seja privada ou no trabalho, individual ou coletivamente. Todos os dias, o homem toma decisões, a começar pela hora que levanta, o que saborear no café da manhã, como ir ao trabalho, onde almoçar, que tipo de lanche comer, como e o que vai argumentar com seu cliente ou chefe, o que fará após a jornada de trabalho (se isto ou aquilo), entre outras tantas decisões particulares e pertinentes relacionadas especificamente ao seu exercício profissional. Algumas delas podem estar pautadas em valores como, por exemplo, almoçar em família; outras, em crenças ou superstições – ir a um jogo de futebol sempre com a mesma camisa - que trazem implícitos aspectos culturais. Assim, a tomada de decisão tem relação com valores, crenças, princípios, cultura e pode estar alicerçada ou não em bases científicas. É neste contexto que se insere a pesquisa operacional - uma ciência voltada para a tomada de decisões que tem como foco principal a resolução de problemas reais. Apóia-se em modelos matemáticos para obter soluções.

No prefácio do livro Programação Linear de Darci Prado (1999), Godoy define pesquisa operacional como “uma ciência que objetiva fornecer ferramentas quantitativas ao processo de tomada de decisões”. Para Loesch e Hein (1999, p. 9), “a pesquisa operacional, como ciência, estrutura processos, propondo um conjunto de alternativas de ação, fazendo a previsão e comparação de valores, eficiência e de custos”. De forma similar, Silva (1998) descreve a pesquisa operacional como sendo um método científico de tomada de decisões, ou seja, consiste na descrição de um sistema organizado com o auxílio de um modelo e, através da experimentação com o modelo, na descoberta da melhor maneira de operar o sistema. Goldbarg (2000, p. 13) refere-se à pesquisa operacional como “uma disciplina tradicional que congrega diversas das mais consagradas técnicas da modelagem matemática”. Andrade (2000) ainda menciona que a construção de modelos pode estar relacionado a sistemas já existentes ou ainda em concepção. No primeiro caso, o objetivo é analisar o desempenho do sistema para escolher uma ação no sentido de aprimorá-lo e, no segundo, para identificar a melhor estrutura do sistema futuro.

A origem desta ciência data da Segunda Guerra Mundial quando os aliados se viram confrontados com problemas de natureza tática, logística e de estratégia militar complexos. Para resolver estes problemas, foram criados grupos multidisciplinares, compostos por matemáticos, físicos, engenheiros e cientistas políticos, que aplicaram métodos científicos na resolução de tais problemas. Assim, foram criados modelos matemáticos, apoiados em dados e fatos, que lhes permitiram encontrar a melhor opção entre as possíveis. Um problema suscitado e resolvido naquela época foi como alimentar os integrantes do exército a um custo mínimo, contemplando exigências nutricionais adequadas.

De acordo com Arenales et al. (2007), após o final da Segunda Guerra Mundial, a pesquisa operacional evoluiu rapidamente na Inglaterra e nos Estados Unidos e, em 1947, foi implantado o projeto SCOOP (*Scientific Computation of Optimal Programs*) no Pentágono, coordenado pelo economista Marshall Wodd e pelo matemático George Dantzig. O intuito era apoiar decisões de operações na

Força Aérea Americana. Nesse projeto, o matemático Dantzig estruturou o método *simplex* para resolver problemas de programação linear. Nas décadas de 1950 e 1960, a pesquisa operacional foi aplicada a uma variedade de problemas oriundos dos setores públicos e privados e envolviam questões dos setores industriais e financeiros como mineração, metalúrgico, construção civil e militar, têxtil, farmacêutico, bancário e transportes. No setor público, envolviam problemas de coleta de lixo, transporte e política pública, entre outros.

Atualmente, a pesquisa operacional e, em especial, a modelagem matemática, pode ser utilizada em várias áreas. Lachtermacher (2002; 2007) e Prado (1999) apontam os seguintes tipos de problemas: problemas de otimização de recursos, problemas de localização, problemas de roteirização, problemas de carteiras de investimento, problemas de alocação de pessoas, problemas de previsão e planejamento, alimentação, manufatura, siderurgia, petróleo, agricultura e mineração.

Do ponto de vista educacional, na década de 1960, a pesquisa operacional era estudada apenas em cursos de pós-graduação, mas, a partir de 1970, passou a ser objeto de estudo de cursos de graduação (ARENALES et al, 2007).

Um dos aspectos que dificultava a utilização e aplicação de modelos matemáticos, tanto em empresas quanto na educação, era a complexidade de resolução dos problemas que envolviam equações matemáticas com muitas variáveis. No entanto, com o avanço da capacidade operacional dos computadores, novos *softwares* foram criados e disseminados como LINDO, LINGO, *What's Best.* Planilhas eletrônicas também têm sido utilizadas com sucesso na resolução de problemas matemáticos.

De acordo com Chiavenato (1993), há várias técnicas de pesquisa operacional, conforme pode ser visto no esquema a seguir.

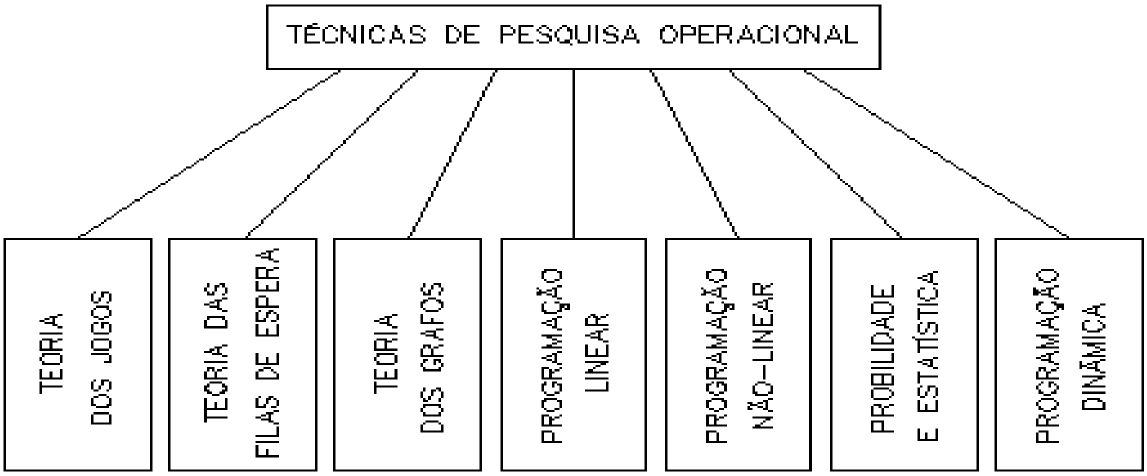


Figura 12 – As técnicas de pesquisa operacional, adaptado de Chiavenato (1993)

Fonte: Elaborada pela autora, com base em Chiavenato (1993)

O foco de interesse deste estudo baseia-se apenas na programação linear. As demais técnicas de pesquisa operacional foram apenas citadas para tornar o esquema mais elucidativo. Dessa forma, a essência deste capítulo está na programação linear e na descrição do *software* LINDO, o qual foi utilizado na resolução de modelos matemáticos oriundos das situações-problema empresariais dos alunos do curso de Administração.

3.1 PROGRAMAÇÃO LINEAR

Segundo Silva (1998), a programação linear é uma das técnicas mais usadas na abordagem de problemas em pesquisa operacional. Para Caixeta Filho (2004), a programação linear é o aprimoramento de uma técnica de resolução de sistema de equações lineares via inversões sucessivas de matrizes com a vantagem de incorporar uma equação linear adicional representativa de um dado comportamento que deva ser otimizado. Prado (1999), de uma forma simples, expõe a programação linear como sendo uma técnica de otimização ou, ainda, uma ferramenta utilizada para encontrar o lucro máximo ou o custo mínimo em situações nas quais temos diversas alternativas de escolha sujeitas a algum tipo de restrição ou regulamento. Corroborando com a ideia anteriormente exposta, Pidd (1998) afirma que programação linear é um subconjunto de programação matemática que faz parte de um conceito maior chamado otimização de restrições. A principal ideia é que alguma medida de desempenho pode ser otimizada (o que significa maximizar ou minimizar) quando sujeita a algumas restrições conhecidas. Ainda, Goldbarg (2000) menciona que o modelo de programação linear reduz um sistema real (situação-problema) a um conjunto de equações ou inequações a fim de otimizar (maximizar ou minimizar) uma função objetivo. O conjunto de equações deverá ser, inicialmente, um conjunto indeterminado, de forma que o número de soluções chamadas viáveis seja infinito.

Segundo Silva (1998) e Caixeta Filho (2004), o modelo matemático de programação linear é composto de: (1) uma função objetivo linear; (2) restrições técnicas representadas por um grande grupo de inequações lineares. A função objetivo deve ter um único princípio, que poderá ser de maximização ou minimização: maximização de lucro, ou de eficiência, ou de bem-estar social; minimização de custos, ou de tempos, ou de perdas, por exemplo. Ao se definir uma função objetivo, precisa-se ter clareza das variáveis de decisão envolvidas, como, por exemplo, diferentes tipos de alimentos que podem fazer parte da formulação de ração ou ainda tipo de cultura ou áreas que podem ser exploradas. Parte-se do pressuposto de que essas variáveis possam assumir somente valores não-negativos. As variáveis podem estar sujeitas a uma séria de limitações, as chamadas restrições do problema, habitualmente representadas por inequações. Exemplos de restrições podem ser a área total disponível, as exigências nutricionais de um determinado rebanho, a disponibilidade total de dinheiro a ser investido, o tempo total de mão-de-obra, entre outras. Um modelo de problema de programação linear pode ser o que segue, adaptado de Lachtermacher (2007): Um agricultor tem uma fazenda de 20.000 hectares onde planeja cultivar trigo, arroz e milho. A produção esperada é de 18 Kg por hectare de trigo; 21 Kg por hectare de arroz; 29 Kg por hectare de milho. Ele tem condições de armazenar, no máximo, 700.000Kg de qualquer um dos produtos. Sabendo que o trigo dá um lucro de $ 1,20 por Kg, o arroz $ 0,60 por Kg e o milho $ 0,28 por Kg, quantos hectares de cada produto devem ser plantados para maximizar o lucro do agricultor? Neste problema, a função objetivo envolve a ideia de maximização do lucro. As variáveis de decisão são trigo, arroz e milho e a restrição tem relação com a capacidade de armazenagem da produção.

De acordo com Goldbarg (2000), Caixeta Filho (2004) e Lachtermacher (2007), os modelos de programação linear devem contemplar algumas características: (1) Proporcionalidade - a quantidade de recurso consumido por uma dada atividade deve ser proporcional ao nível dessa atividade na solução final do problema. O custo de cada atividade é proporcional ao nível de operação da atividade; (2) Não Negatividade - deve ser sempre possível desenvolver dada atividade em qualquer nível não negativo e qualquer proporção de um dado recurso deve ser sempre utilizável; (3) Aditividade - a contribuição total de todas as variáveis é igual à soma das contribuições individuais; (4) Separabilidade - pode-se identificar separadamente o custo (ou consumo de recursos) específico das operações de cada atividade.

“Um modelo de programação linear é um modelo matemático de otimização no qual todas as funções são lineares” (GOLDBARG, 2000, p. 32) e pode ser escrito de diversas formas. Uma delas é a forma geral, conforme apontam Loesch e Hein (1999) e Lachtermacher (2007):

$\{\text{Max ou Min}\}\ Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \ldots\ldots\ldots + c_nx_n$

Sujeito a:

$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots\ldots\ldots + a_{1n}x_n \{=, \leq, \geq\}\ b_1$

$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots\ldots\ldots + a_{2n}x_n \{=, \leq, \geq\}\ b_2$

....

$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots\ldots\ldots + a_{mn}x_n \{=, \leq, \geq\}\ b_m$

No modelo anterior, deve-se interpretar:

$x_1, x_2, \ldots, x_n$ = conjunto de variáveis estruturais do problema;

$c_1, c_2, \ldots, c_n$ = coeficientes da função objetivo;

a_{ij} e b_i = coeficientes das restrições.

Goldbarg (2000, p. 35) ainda sugere passos para a formulação de problemas de programação linear: (1) Definição de atividades – após a análise do problema, deve haver uma associação entre cada atividade e uma unidade de medida; (2) Definição de recursos – é a relação insumo x recurso em cada atividade; (3) Cálculo dos coeficientes de insumo/produção – é indispensável estabelecer claramente como as atividades e os recursos estão relacionados em termos de recursos por unidades de atividade produzida; (4) Determinação das condições externas – considerando que os recursos são limitados, deve-se determinar a quantidade de cada recurso disponível no processo modelado; (5) Formalização do modelo – consiste em associar quantidades não negativas $x_1, x_2, x_3, \ldots x_n,$ a cada uma das atividades ao escrever as equações de balanceamento e ao indicar o uso de cada recurso. No entanto, antes de modelar qualquer situação-problema, deve-se analisar todo o contexto, pois, segundo Wagner (1986), a análise quantitativa deverá ser precedida de uma análise qualitativa. Nesta fase inicial de diagnóstico, procura-se identificar os fatores críticos, embora eles possam não ser tão significativos quanto parecem no início. Na análise quantitativa, é possível observar os seguintes estágios:

- Formulação do problema – nesta fase, deverá haver uma identificação dos elementos do problema que incluem variáveis controláveis, variáveis não-controláveis, as restrições sobre as variáveis e os objetivos para definir uma boa solução. O papel do decisor é fundamental, pois é ele quem determina os limites de uma dada análise e o que é uma questão de juízo pessoal.

- Construção do modelo – nesta fase, serão decididos os dados de entrada apropriados e a projeção das saídas de informações apropriadas. É necessário identificar os elementos estruturais estáticos e dinâmicos e idear fórmulas matemáticas para representar a inter-relação entre esses elementos. Em caso de interdependência, é possível colocá-las em forma de restrição sobre as variáveis ou podem tomar forma de um sistema probabilístico evolucionário.

- Execução das análises – com o modelo inicial e os parâmetros especificados por dados históricos, tecnológicos e de juízo pessoal, é possível desenvolver uma solução matemática. Às vezes, a solução significa valores para as variáveis de decisão, que otimizam um dos objetivos e resultam em níveis permissíveis para outros objetivos. É importante realizar uma análise de sensibilidade da solução às especificações do modelo e, em particular, à precisão dos dados de entrada e das suposições estruturais.

- Implementação dos resultados e atualização do modelo – a implementação deve começar no primeiro dia de um projeto de pesquisa operacional. Apesar de o modelo ser utilizado várias vezes para análise de decisão, ele deve ser revisto cada vez que for implantado para ter vida mais longa e atualização planejada.

Para solucionar um problema de programação linear, é necessário levar em conta quatro teoremas, conforme sugerem Loesch e Hein (1999), Goldbarg (2000) e Lachtermacher (2007). Neste trabalho optou-se por não fazer sua demonstração[10].

Teorema I – O conjunto das soluções viáveis de um modelo de programação linear é um conjunto convexo[11].

Teorema II – Toda solução compatível básica do sistema de equações de um modelo de programação linear é um ponto extremo do conjunto de soluções viáveis, ou seja, um extremo do conjunto convexo de soluções.

Teorema III – Todo ponto extremo de um conjunto de soluções viáveis de um sistema é uma solução básica viável.

Teorema IV – Se a função objetivo assume o valor ótimo em mais de um ponto do conjunto de soluções viáveis (soluções múltiplas), ela assume este valor para pelo menos dois extremos do conjunto convexo e para qualquer combinação convexa desses pontos extremos, isto é, para todos os pontos do segmento de reta que unem dois extremos, ou seja, a aresta do polígono que contém estes extremos.

Problemas de programação linear podem ser solucionados através do método *simplex* desenvolvido pelo matemático George Dantzig em 1947, já mencionado anteriormente. A seguir, descreve-se o referido método com mais detalhes.

---

[10] Demonstrações podem ser encontradas em Hillier e Liberman (1995)

[11] Para Lachtermacher (2007, p. 33) um "conjunto convexo é um conjunto de pontos em que todos os segmentos de reta que unem dois pontos são internos ao conjunto".

3.1.1 O método simplex

Segundo Moreira (2007, p. 61), “o simplex é uma metodologia que envolve uma sequência de cálculos repetitivos por meio dos quais é possível chegar à solução de um problema de programação linear.” Para Goldbarg (2000, p. 82), “o *simplex* é um algoritmo[12] que utiliza um ferramental baseado na álgebra linear para determinar, por um método iterativo, a solução ótima de um problema de programação linear”. O algoritmo parte de uma solução viável do sistema de equações que constituem as restrições do problema de programação linear, normalmente extrema (vértice[13]). A partir dessa solução, ele vai identificando novas soluções viáveis, de valor igual ou melhor que a já existente, de forma iterativa. Assim, o algoritmo possui um critério de escolha que permite encontrar sempre novos e melhores vértices da envoltória convexa do problema e outro critério que consegue determinar se o vértice é ou não um vértice ótimo. De forma análoga, Silva (1998) descreve esse método como sendo formado por um grupo de critérios para escolha de soluções básicas que melhorem o desempenho do modelo. Os critérios para a escolha de vetores e as variáveis que entram e saem para a formação da nova base formam o centro do *simplex*.

Segundo Goldbarg (2000, p. 88),

> o algoritmo *simplex* descreve uma sequência de passos para a solução de sistemas de equações lineares sujeitos a uma função objetivo. Ele dispõe sobre três situações: (1) O método de inversão da matriz básica *mxm* deduzida a partir de A, uma matriz de restrições *mxn*; (2) as condições de troca de variáveis dentro da matriz básica, para que exista garantia de uma melhoria da solução ao longo do desenvolvimento dos passos do algoritmo e (3) as regras de parada do algoritmo e a interpretação dessa situação final.

A discussão do primeiro item citado por Goldbarg (2000) – a inversão da matriz básica - é bastante evidente na apresentação dos quadros do *simplex* e de suas operações de pivoteamento. O método habitualmente sugerido é o das operações elementares. Ele permite que a cada passo do algoritmo, o esforço de inversão já despendido em iterações anteriores seja totalmente aproveitado. O

[12] Segundo Goldbarg (2000, p. 82) um “algoritmo é um procedimento que termina em um número finito de operações (passos)”.

[13] Vértice é ponto de interseção dos lados de uma figura geométrica.

método *simplex* não obriga que a matriz tenha que ser invertida por um método de pivoteamento.

O segundo ponto é abordado por um critério bastante simples, que envolve o cálculo da possível contribuição para o acréscimo ou decréscimo da função objetivo (minimização ou maximização), com a possível entrada na base de uma variável não básica. O critério aponta no sentido de escolher a variável de maior contribuição imediata (GOLDBARG, 2000).

Com relação ao terceiro item, ele diz respeito ao teste de parada que inclui a identificação das condições em que não existe mais a possibilidade de que uma alteração de variáveis na base possa aprimorar o critério de otimização, ou, ainda, situações em que é identificado um comportamento patológico de crescimento indefinido ou de inviabilidade do problema (GOLDBARG, 2000).

O *software* LINDO, descrito a seguir, utiliza-se do algoritmo *simplex* para resolver problemas de programação linear.

3.1.2 Os *softwares* direcionados a problemas de programação linear

De acordo com Pidd (1998), é recomendado usar a programação linear para resolver problemas de maior porte quando muitas restrições e variáveis devem ser consideradas. Por isso, cada vez mais, são desenvolvidos algoritmos computacionais eficientes e precisos. Para problemas de grande porte que requerem sistemas computacionais potentes, são utilizados sistemas paralelos e *hyper-cube*. Para problemas menores, têm sido utilizados *softwares* como o Xpress-MP (*Dash Associates*), LINDO (LINDO *Systems*) e MINOS (*Stanford Business Systems*). Neste caso, calculadoras programáveis também podem ser utilizadas e os cálculos podem ser desenvolvidos pelo método *simplex*. Para problemas de médio porte, são utilizadas as planilhas eletrônicas com recursos para resolução de problemas. Exemplos destas planilhas são o *What's Best*? (LINDO *Systems*) para o Lotus 1-2-3, *o microsoft Excel* e *Borland Quattro* e ainda o *solver (Microsoft*) para o *Microsoft Excel*.

Para fins didáticos, as sugestões de *softwares* a serem utilizados na resolução de problemas de programação linear variam de autor para autor. Há os que sugerem o uso de planilhas (LOESCH e HEIN, 1999; LACHTERMACHER, 2007); outros se inclinam para *softwares* específicos, principalmente o LINDO (PRADO, 1999; CAIXETA FILHO, 2004). No entanto, para obter bons resultados, conforme aponta Prado (1999), alguns requisitos devem ser observados nos *softwares*: (1) Ter robustez matemática – fornecer resultados corretos (aceitáveis pelo modelador) e estar apto a situações complexas; (2) ser adequadamente veloz na resolução de problemas complexos; (3) conter as características do estado-da-arte da programação linear relativa ao uso de recursos visuais (gráficos), arquivos de entrada, arquivos de saída, possibilidades interativas, recursos de *exit.*

Conforme expresso anteriormente, o LINDO é um *software* específico para a resolução de problemas de programação linear, indicado por Prado (1999) e Caixeta Filho (2004). Tem sido empregado com constância em várias instituições de ensino superior[14]. Particularmente na Escola de Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em nível de graduação e pós-graduação, tem sido utilizado como recurso em dissertações de mestrado[15], como a de Rehfeldt (2001), intitulada *Uma heurística aplicada a um problema de escalonamento na indústria calçadista,* que empregou o *software* LINDO para solucionar modelos matemáticos de programação linear tipo 0/1, objetivando a redução de formas na indústria calçadista.

Na disciplina de pesquisa operacional, no curso de Administração e suas respectivas linhas de formação específicas (Administração de Empresas, Análise de Sistemas, Comércio Exterior, Negócios Agroindustriais e Gestão em Turismo), nos cursos de Sistemas de Informação, de Engenharia da Produção e nas disciplinas eletivas do curso de Engenharia de Controle e Automação do Centro Universitário UNIVATES, também tem sido utilizado o *software* LINDO. Há na referida Instituição, alguns trabalhos recentes de conclusão de curso (Administração), realizados na

[14] Nos programas das disciplinas de pesquisa operacional em nível de graduação ou pós-graduação de instituições como Universidade Federal do Paraná, Universidade Federal de Santa Catarina, PUC – RS, Faculdade Dom Bosco de Porto Alegre, PUC – Paraná, Universidade do Contestado, Universidade Estadual de Santa Catarina, Faculdade de Economia e Finanças do Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Universidade Presbiteriana Makenzie, Fundação Getúlio Vargas, entre outras, consta o referido software como sendo um dos recursos utilizados para resolver problemas de programação linear.

[15] Disponível em http://volpi.ea.ufrgs.br/teses_e_dissertacoes/td/000524.pdf

área de pesquisa operacional, principalmente envolvendo tomadas de decisão, nos quais foram utilizados o *software* LINDO como recurso para resolução dos modelos matemáticos de programação linear. O primeiro dos trabalhos, Hinterholz (2005), versa sobre o *mix* de serviços a serem priorizados por um salão de beleza da região do Vale do Taquari em função de sua alta demanda, dado que a proprietária optou pela não ampliação do estabelecimento. Através dos resultados obtidos, ela pôde estabelecer critérios de escolha de serviços, além de instituir novas estratégias de negócios baseadas nos resultados fornecidos pelo *software*.

O segundo trabalho, Bagatini (2005), também na área de serviços bancários, aborda o *mix* de “produtos” bancários que devem ser priorizados com a finalidade de obter o maior lucro possível para a Cooperativa de Crédito em estudo. A identificação dos serviços mais lucrativos forneceu subsídios para a equipe de marketing, à época, na divulgação destes produtos.

Um terceiro trabalho, Pivatto (2007), na área de agronegócios, permitiu ao aluno concluinte modificar, em granja de propriedade particular, a fórmula da ração utilizada na alimentação de suínos minimizando custos, mas atendendo as exigências nutricionais dos animais, tornando, assim, o negócio mais lucrativo. Ao longo do ano de 2008, novos trabalhos de conclusão do curso de Administração foram desenvolvidos: Jaeger (2008), Neuberger (2008), Schneider (2008) e Schwarzer (2008), todos utilizando o *software* LINDO, conforme já citado no capítulo introdutório.

O referido *software* tem sido indicado como recurso na disciplina em diversas instituições de ensino superior. Por esta razão, buscou-se investigar artigos que relatem experiências no ensino da pesquisa operacional, especialmente, quando são abordadas ferramentas computacionais conforme sugestão desta tese. Há poucas referências sobre o tema na área do ensino; a maioria dos estudos apresenta a resolução de situações-problema, com ou sem uso de recursos computacionais, desconectada do ensino. Da mesma forma, em eventos acadêmicos, a diversidade é pequena em termos de registros relacionados ao tema. O XVIII Encontro Nacional de Cursos de Graduação em Administração – ENENGRAD, ocorrido em 2007, trouxe como tema gerador: “Novas fronteiras do ensino da administração”. No entanto, não constam relatos tematizando o ensino de pesquisa operacional. Outro evento que aborda a área da pesquisa operacional é o Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, em que há uma área de interesse chamada Educação em Engenharia da Produção.

Em 2002, no XXII ENEGEP, realizado em Curitiba, há relato de experiência, que enfoca, em parte, o tema da pesquisa aqui realizada. Trata-se do trabalho de Dávolos (2002), intitulada *Uma abordagem do ensino de pesquisa operacional baseada no uso de recursos computacionais.* Este trabalho relatou experiências no ensino de pesquisa operacional na Universidade do Sul de Santa Catarina, com o uso de ferramentas computacionais e as possíveis melhorias alcançadas no ensino, mediante a aplicação destes recursos em situações-problema pesquisadas pelos próprios alunos. Em seu estudo, o professor menciona trabalhos desenvolvidos pelos alunos ao longo do semestre e destaca estudos realizados em indústrias cerâmicas, no sistema de transporte coletivo, na indústria têxtil, na modelagem de indicadores de saúde, entre outros.

Como conclusão, salienta que seus resultados foram bons, pois atenderam princípios como motivação, participação e personalização. Também faz menção ao uso de recursos computacionais nas práticas de laboratório para desenvolvimento de projetos e como forma de complementação do conteúdo teórico. De acordo com o mencionado autor, o uso de pacotes específicos (o LINDO constitui um deles) promove a motivação dos alunos em aprender a aplicar esta ferramenta em sistemas que são estudados no diferentes cursos. Dávolos (2002) recomenda desenvolver habilidades de modelagem e análise de problemas decisórios com apoio de recursos computacionais e sugere visitas técnicas a instalações industriais para mostrar aplicações. No relato de Dávolos (2002), não há menção de observação de habilidades e de competências necessárias à formação do administrador, fato que se constitui no diferencial pretendido por esta pesquisa.

Com relação à ferramenta LINDO (*Linear, Interactive and Discrete Optimizer*), Prado (1999) afirma que esta é um *software* desenvolvido pela Lindo *Systems* Inc. de Chicago, Illinois, EUA, para a resolução de modelos de programação linear, quadrática ou inteira. Ele roda no ambiente *Windows* e está disponível em várias versões. Uma versão demonstração está instalada no Centro

Universitário UNIVATES e é capaz de resolver problemas de programação linear com até 50 variáveis.

O LINDO aceita os formatos de entrada de dados LP ou MPS.

1) No formato LP:

Para resolver um modelo matemático através do LINDO, é necessário acessar o *software* cuja tela de abertura apresenta a configuração ilustrada a seguir.

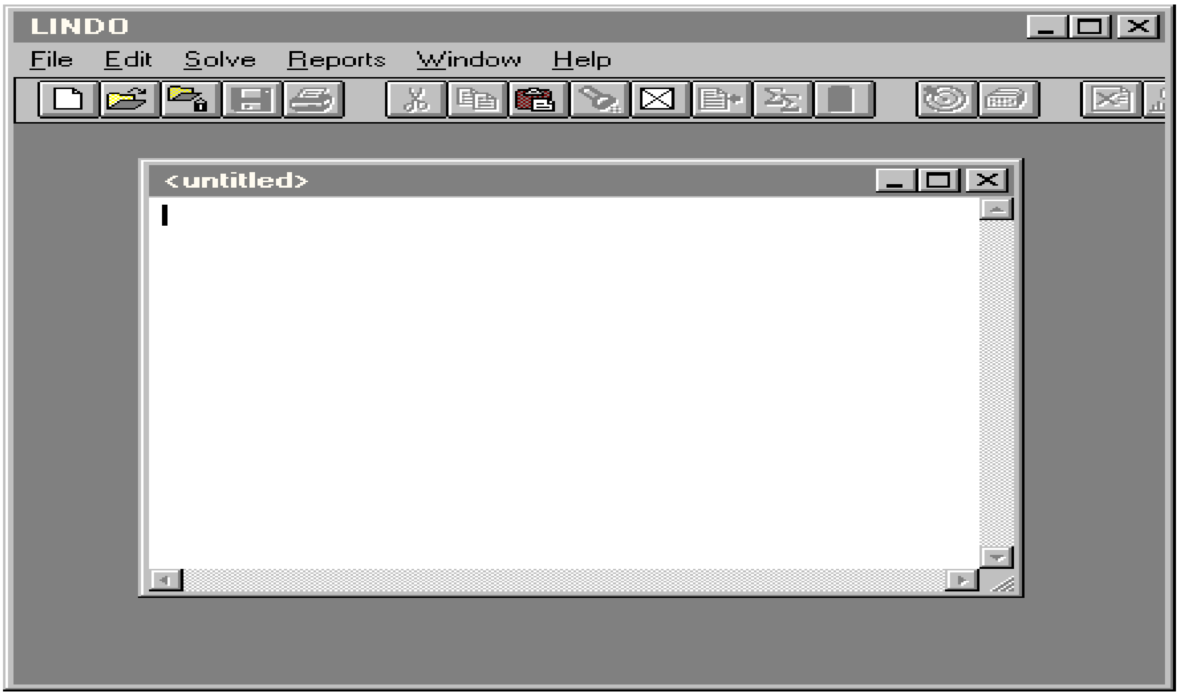


Figura 13 – Tela de abertura do *software* LINDO

Fonte: *Help* do *software* LINDO

É no espaço onde está fixado o cursor que se escreve o modelo matemático. Um modelo matemático de programação linear bem simples poderia ser o seguinte:

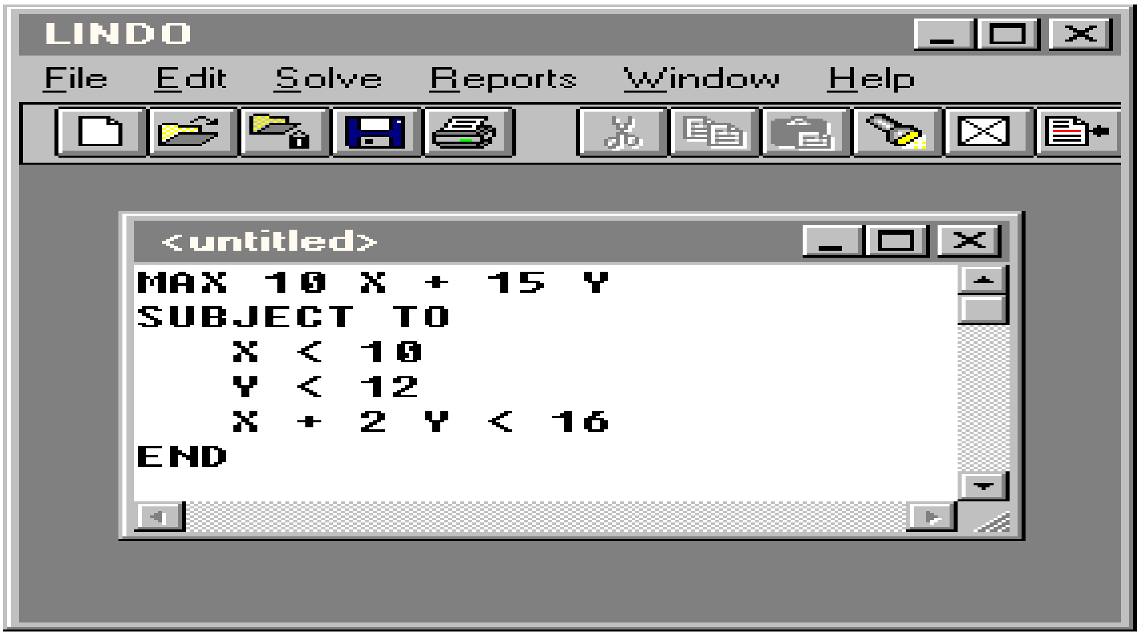


Figura 14 – Tela de abertura do *software* LINDO na qual se escreve o modelo matemático.

Fonte: Fonte: *Help* do *software* LINDO

Ao clicar no comando solve, o *software* executa o programa e, se não encontrar nenhum erro, apresenta uma tela com o seguinte *status*:

Figura 15 – *Status* da tela após rodar o modelo matemático

Fonte: *Help* do *software* LINDO

No status, podem aparecer as seguintes opções:

a) *Optimal* – quer dizer que o *software* encontrou uma resposta ótima para o modelo matemático. É o objetivo final do modelador.

b) *Unbounded* – aqui se enquadram os modelos matemáticos nos quais a função objetivo pode atingir valores infinitos ou zero, incompatível com o resultado desejado. Para Prado (1999), exemplos de modelos que geram problemas mal definidos podem ser modelos de minimização em que o modelador solicita uma maximização ou vice-versa ou, ainda, problemas de maximização em que as restrições não formam uma região limitada. Um exemplo poderia ser

max 3a+5b

st

a+b>=1

end

Neste caso, o *software* procura uma maximização que tenderá para o infinito. Para descobrir onde está a inconsistência, o modelador dispõe de informações que o *software* disponibiliza.

c) *Infeasible* – neste caso, o modelo matemático não tem solução. Ocorre quando o conjunto de restrições é contraditório em si mesmo como

$$\begin{cases} x+y<=5 \\ x+y>=9 \end{cases}$$

De acordo com Prado (1999, p. 128), “em modelos reais e de grande porte, descobrir a causa desta contradição pode ser uma tarefa bastante difícil. Geralmente, os pacotes fornecem alguma pista para começar a pesquisa”.

Quando o modelo matemático atingir o *status optimal*, é possível fechar a tela de *status* e examinar as respostas encontradas. Neste caso, aparece uma tela como a ilustrada a seguir.

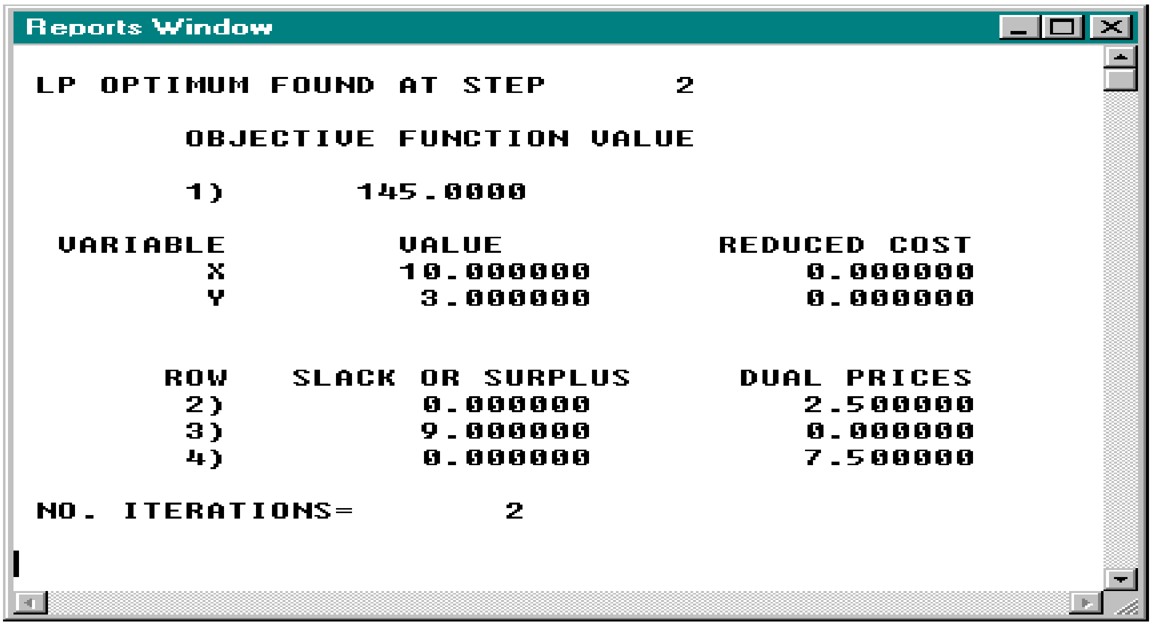


Figura 16 – Respostas fornecidas pelo *software* LINDO quando o *status* é ótimo

Fonte: *Help* do *software* LINDO

A interpretação pode ser entendida, segundo Prado (1999), como:

- *LP OPTIMUM FOUND AT STEP* (2): significa que o algoritmo *simplex* utilizado pelo programa encontrou a solução ótima no passo 2.

- *OBJECTIVE FUNCTION VALUE*: indica o valor ótimo encontrado para a função objetivo.

- *VARIABLE/VALUE/REDUCED COST*: neste item, aparece uma tabela que apresenta valores ótimos das variáveis básicas. A coluna *REDUCED COST* pode ter duas interpretações: (1) o custo reduzido de uma variável pode ser interpretado como a quantidade pela qual o coeficiente da função objetivo da variável deveria ser aumentado de modo que sua solução seja diferente de zero. (2) A outra interpretação seria que o custo reduzido da variável é a penalidade que se deve pagar para introduzir uma unidade daquela variável solução.

- *ROW/SLACK OR SURPLUS/DUAL PRICES*: Representa uma tabela que apresenta os resultados das linhas do nosso problema. Por exemplo, *SLACK* 0 significa que se atingiu o limite das restrições. *DUAL PRICE* representa o aumento na função objetivo caso se aumente de 1 o limite da restrição.

2) Entrada no formato MPS:

Após executar o programa sem erros, o LINDO apresenta um quadro de resultados composto por:

O resultado das colunas é o seguinte:

SECTION 1:

• *NUMBER*: cada linha tem um número.

• *ROW*: nome da restrição.

• *AT*: a solução pode estar numa das seguintes posições:

- *UL: Upper limit* (limite superior).

- *LL: Lower limit* (limite inferior).

- *BS*: base (dentro da base ou entre os limites).

- *EQ*: igualdade (quando é fornecido como igualdade).

• *ACTIVITY*: valor da solução ótima.

• *SLACK ACTIVITY* (folga): significa quanto faltou para atingir uma restrição do tipo menor/igual, ou quanto sobrou para uma restrição do tipo maior/igual.

• *DUAL PRICE*: representa o aumento na função objetivo caso se aumente de 1 o limite da restrição.

• SECTION 2:

• *COLUMNS*: valores obtidos para as colunas (variáveis).

• *NUMBER*: cada variável tem um número, que inicia pelo valor logo após a última restrição.

• *COLUMN*: nome da variável.

• *AT*: a solução pode estar numa das seguintes posições:

- *UL: Upper limit* (limite superior).

- *LL: Lower limit* (limite inferior).

- *BS*: base (dentro da base ou entre os limites).

- *EQ*: igualdade (quando é fornecido como igualdade).

• *ACTIVITY*: valor da solução ótima.

• *INPUT COST*: o valor do custo unitário da variável na função objetivo.

• *LOWER LIMIT*: limite inferior da variável no conjunto de restrições *Bounds.*

• *UPPER LIMIT*: limite superior da variável no conjunto de restrições *Bounds*.

• *REDUCED COST*: esta coluna pode ter duas interpretações:

- O custo reduzido de uma variável é a quantidade pela qual o coeficiente da função objetivo da variável deveria ser aumentado para que sua solução seja diferente de zero. Portanto, todas as variáveis que têm soluções diferentes de zero possuem valor zero para o custo reduzido.

- O custo reduzido é a penalidade paga para introduzir uma unidade daquela variável na solução, sendo válido somente numa determinada faixa de valores.

Além desses resultados, o *software* LINDO também realiza a análise de sensitividade (*Sensitivity Analysis*):

• *RANGES IN WITH THE BASIS IS UNCHANGED*: informa as faixas de valores para os quais a base fica inalterada.

• *OBJ COEFICIENT RANGES*: análise dos coeficientes da função objetivo.

• *RIGHTHAND SIDE RANGES*: análise dos limites das restrições, conhecido como RHS (*Right Hand Side*).

No desenvolvimento desta pesquisa e na disciplina de Pesquisa Operacional do Centro Universitário UNIVATES, o formato utilizado é o LP.

3.1.3 Potencialidades pedagógicas do *software* lindo

Ao incluir este item no capítulo de Pesquisa Operacional, o intuito é apenas mostrar as potencialidades pedagógicas do LINDO e ressaltar a sua importância para o processo ensino-aprendizagem, especificamente no que tange à resolução de modelos matemáticos de programação linear para alunos do curso de Administração. É um recurso computacional que reduz o tempo gasto na obtenção dos resultados e possibilita interpretações para auxiliar na tomada de decisões, favorecendo a aquisição de habilidades e competências para o exercício profissional do administrador.

Supõe-se que o LINDO é um *software* que não foi criado especificamente para fins pedagógicos, mas tem se constituído numa boa ferramenta na busca de soluções dos modelos matemáticos. Ainda assim é possível enquadrá-lo como um *software* educacional, pois, segundo Viccari e Giraffa (1996), um *software* educacional é um programa que visa atender necessidades, entre as quais, a objetivos pedagógicos. Todo *software* pode ser considerado educacional, desde que seja utilizado num contexto e numa situação de ensino-aprendizagem com uma metodologia que norteie o processo. Nesse sentido, é possível identificar algumas potencialidades pedagógicas do LINDO, pois, além de solucionar os modelos matemáticos, auxilia na identificação das causas dos possíveis erros. Ao encontrar inconsistências no modelo, o acadêmico pode refazer seu modelo matemático.

No caso do *software* LINDO, ele é um aplicativo que auxilia na reconstrução de modelos matemáticos, permite a verificação de hipóteses, privilegia a exploração por descoberta, auxilia na construção de conhecimentos e, em caso de inconsistência, possibilita mecanismos de reforço. No caso de erros ou *debugs*, o LINDO apresenta um *help,* que será explicitado com mais detalhes a seguir.

De acordo com Prado (1999, p. 154), “o LINDO possui uma série de recursos capazes de auxiliar o usuário a encontrar a causa” do erro. Entre os recursos, pode-se destacar:

a) Compilação – o LINDO apenas executa modelos matemáticos corretos. Neste caso, o *solver* executará sua função (a de resolver). Caso haja um erro de sintaxe, é informado o número da linha na qual ocorreu o erro e o cursor é posicionado nesta linha. Um exemplo de erro pode ser digitação de um caracter de forma inadequada:

max L= a+5b

st

a+b<=1

end

Neste caso, o LINDO acusou:

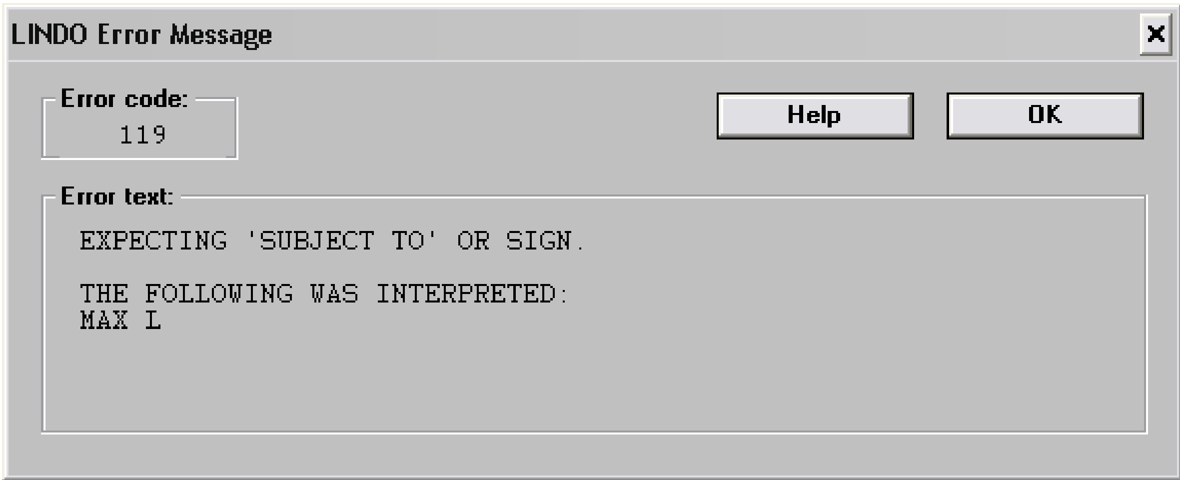


Figura 17 – Exemplo de erro de digitação

Fonte: *Help* do *software* LINDO

Nota-se que houve a informação do erro, qual a linha do erro, bem como o código do mesmo. Clicando em *help,* é possível ler a descrição do erro.

A possibilidade de erros num modelo matemático é ampla (168) e pode ser vista pelo *help* do próprio *software*. Clicando-se em cada um deles, aparece a descrição.

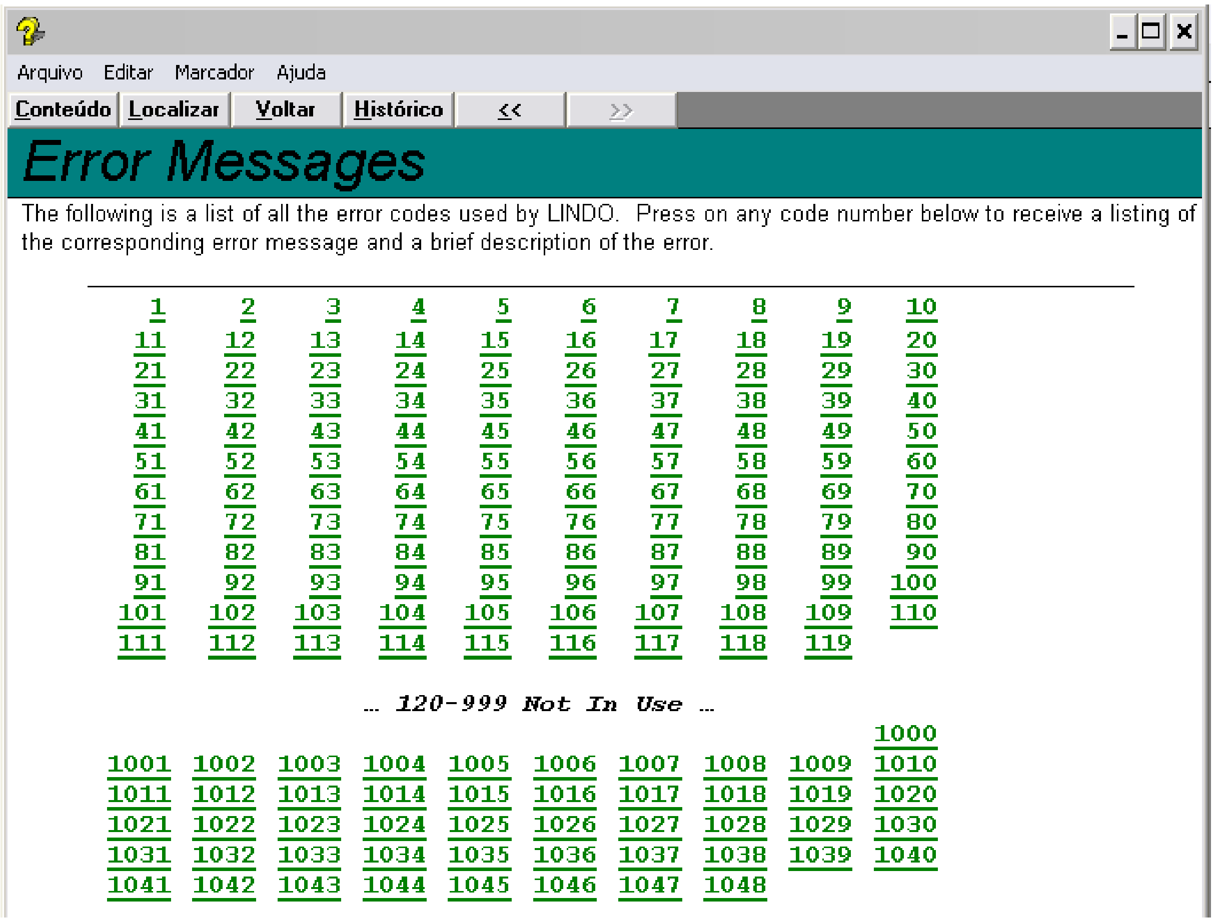


Figura 18 – Lista de possíveis erros

Fonte: *Help* do *software* LINDO

b) *Debug* – quando um modelo matemático é formulado e executado, podem ocorrer situações em que o LINDO acusará uma situação *infeasible* (modelo não-solúvel) ou *unbounded* (modelo mal definido).

Conforme Prado (1999, p. 154), "em modelos matemáticos grandes, esta pode ser uma tarefa penosa e o comando *debug* pode auxiliar o usuário a executá-la". Esta função é ativada depois que o modelador encontrar um erro.

Com relação às informações sobre o *debug*, Prado (1999, p. 154-155) comenta:

a) Em caso de modelos com *infeasible solution*:

> Quando o *Debug* encontra um modelo com *no feasible solution* (solução inexistente), ele inicialmente tenta identificar uma ou mais restrições cruciais. Uma restrição é crucial quando, sendo eliminada, o modelo restante possui solução. Estas restrições são destacadas pelo *Debug* em

> seu relatório como *SUFFICIENT SET (ROWS*). Nem todo modelo *infeasible* possui uma restrição crucial. Independentemente de encontrar ou não restrições cruciais, o comando *Debug* também destaca um conjunto de restrições e de limites de colunas que constituem o *NECESSARY SET (ROWS*). Tal conjunto tem como característica básica ser *infeasible,* mas, se qualquer membro deste conjunto for excluído, então o conjunto se torna *feasible*. Assim, é necessário efetuar no mínimo uma correção no *NECESSARY SET (ROWS*) para tornar o modelo *feasible*.

b) Em caso de modelos com *unbounded solution*:

> Quando o *Debug* encontra um modelo *unbounded* (mal definido), ele tenta inicialmente identificar uma ou mais variáveis cruciais. Estas variáveis são identificadas pelo *Debug* como *SUFFICIENT SET (COLS*). Uma variável é crucial quando, sendo corrigida, é suficiente para tornar o modelo *bounded* (corretamente definido). Independentemente de encontrar ou não variáveis cruciais, o comando *Debug* também destaca um conjunto de restrições e de limites de colunas que constituem o *NECESSARY SET (COLS*). Tal conjunto tem como característica básica ser *unbounded,* mas, se qualquer variável deste conjunto for corrigida, então o conjunto se torna *bounded*.

Ainda, segundo Prado (1999), de um modo geral, quando se identifica a variável causadora do problema, devem - se fazer as seguintes tentativas: (1) modificar o coeficiente da variável na função objetivo; (2) modificar o coeficiente da variável em alguma restrição; (3) modificar o tipo de restrição como, por exemplo, trocar menor por maior ou vice-versa; (4) tornar finito o limite superior ou inferior da variável.

Quando um modelador executar um modelo matemático de forma inadequada, são amplas as possibilidades de correção, haja vista a lista de erros que o LINDO aponta. Esses erros podem ser de simples sintaxe ou de lógica, tornando os modelos mal definidos ou sem solução. Assim, quando este *software* for utilizado em sala de aula, onde se privilegia a modelagem matemática como metodologia de ensino, as possibilidades de busca por soluções possíveis são amplas, pois os modelos podem ser executados tantas vezes quantas forem necessárias, até que o modelador esteja convicto de sua resposta ou satisfeito com seu resultado. Também há inúmeras possibilidades de simulação, pois o *software* executa o modelo matemático de forma rápida. Para administradores, pensar estrategicamente e introduzir modificações no processo produtivo, constituem-se em habilidades necessárias para o exercício profissional.

O LINDO é um *software* utilizado na resolução de modelos matemáticos. Por isso, julga-se necessária a inclusão do subcapítulo a seguir, descrevendo-se um referencial teórico sobre os mesmos, bem como algumas pesquisas desenvolvidas na área.

3.2 MODELOS MATEMÁTICOS

Uniformes
Eu ouço sempre os mesmos discos
Repenso as mesmas ideias
O mundo é muito simples
Bobagens não me afligem
Você se cansa do meu **modelo**
Mas juro, eu não tenho culpa
Eu sou mais um no bando
Repito o que eu escuto
E eu não te entendo bem

E quantos uniformes ainda vou usar
E quantas frases feitas vão me explicar
Será que um dia a gente vai se encontrar
Quando os soldados tiram a farda pra brincar

A minha dança, o meu estilo
E pouco mais me importa
Eu limpo as minhas botas
Não sou ninguém sem elas
Você se espanta com o meu cabelo
É que eu saí de outra história
Os heróis na minha blusa
Não são os que você usa
E eu não te entendo bem

Leoni e Léo Jaime

O homem sempre viveu em busca de respostas para compreender e conhecer o mundo que o cerca. Procurou conhecimento e tecnologia. Seguiu e ainda segue modelos, padrões como expressa bem a música “Uniformes” composta por Leoni e Léo Jaime, embora nem sempre esteja em consenso com os mesmos. Aprendeu fazer fogo, riscar na pedra, desenhar e contar, levado pela necessidade, como descreve Goldbarg (2000, p.1) “O homem sempre desejou entender seu planeta e o mundo em geral. As imposições da sobrevivência assim o determinaram”. Inicialmente, para proteger-se dos predadores e dos fenômenos naturais, obter a alimentação e conviver em grupos sociais. Depois desenvolveu a ciência, participou da guerra, inventando armas e a bomba atômica, motivado/inspirado pela imaginação ou pela necessidade.

Modernamente, segundo Pidd (1998), a vida do ser humano é algo mais complexo, pois depende da ajuda artificial para sobreviver com mais conforto: viaja de carro, cozinha em equipamentos abastecidos com gás ou eletricidade e usa computadores que possibilitam comunicação instantânea. Toma decisões e espera que as mesmas beneficiem a todos. Por outro lado, está ciente de que, muitas vezes, toma decisões que podem trazer consequências desastrosas, caras e perigosas. No entanto, um modelo poderá auxiliá-lo nas decisões.

Diversas são as definições de modelo e têm relação direta com a área de formação ou de atuação de seus autores. Para Jacoky e Kowalik (1980), modelo é imitação ou aproximação de um protótipo, que pode ser uma concepção, um objeto, um sistema ou um processo. Na maioria dos casos, os modelos reduzem custos, riscos e tempo de fluxo de tarefas. São usados por artistas, arquitetos, engenheiros, desenhistas, economistas, administradores cientistas, entre outros profissionais. Stoner e Freeman (1985) conceituam modelo como representação simplificada das propriedades fundamentais de um objeto, evento ou relacionamento do mundo real. Para Bassanezi (1994), quando se procura uma porção da realidade - na tentativa de agir sobre ela –, o processo usual é selecionar no sistema argumentos ou parâmetros considerados essenciais e formalizá-los através de um sistema artificial: o modelo.

Num raciocínio mais voltado para o ramo empresarial, Pidd (1998) refere-se a modelo como uma representação externa e explícita de parte da realidade vista pela pessoa que deseja usar aquele modelo para entender, mudar, gerenciar e controlar parte da realidade.

Para a pesquisadora Gazzeta (1989), o conceito geral de modelo tem características básicas: (1) modelo é um sistema mentalmente concebível ou fisicamente realizável; (2) modelo é uma imagem claramente definida do original; (3) modelo pode representar o original em alguma discussão ou investigação; (4) o estudo do modelo produz algum novo conhecimento que é significativo para o original. Corroborando em alguns aspectos com os autores anteriormente citados, Goldbarg (2000, p. 2) afirma que “modelos são representações simplificadas da realidade que preservam, para determinadas situações e enfoques, uma equivalência adequada”. Devem ser livres de detalhes onerosos, visto que são metáforas da realidade. No entanto, é desejável que o modelo seja representável, embora sua representatividade possa ser aperfeiçoada de forma interativa. Esse processo de verificação da representatividade é denominado de validação e é uma das etapas indispensáveis em qualquer procedimento científico.

Pode-se entender que modelo é uma imagem, uma concepção da realidade que tem seu isomorfismo com o mundo real. Representa um objeto ou uma situação e pode ser usado para tomada de decisões pessoais ou gerenciais.

Como o modelo é uma imagem da realidade sujeita a reformulações, uma das preocupações do modelador deve ser quanto à eficiência do modelo. Assim, cada autor o identifica como eficiente por atender aos propósitos estabelecidos, o que leva a crer que eficiência é um conceito subjetivo e tem relação com a satisfação e com o rigor científico do modelador. É eficiente enquanto ele (o modelador) assim o entender. Nesta linha, Bassanezi (2002, p. 31) argumenta que “nenhum modelo deve ser considerado definitivo, podendo sempre ser melhorado, [...] um bom modelo é aquele que propicia formulação de novos modelos”. A eficiência entendida como o quanto este consegue traduzir a realidade é outra face que deve ser analisada. Neste sentido, Goldbarg (2000) apresenta alguns aspectos relevantes.

Para os autores supracitados, a representação da realidade tem alcance limitado, sendo a eficiência um dos aspectos a ser considerado. Para alcançar modelos eficientes, são necessárias algumas habilidades, entre as quais destaca-se a tradução adequada. Isto significa que um bom modelo necessita de uma tradução contextual conveniente, que pode ser expressa através de um isomorfismo entre o fenômeno e seu modelo. Na figura 19, está representado o processo de tradução, com o aspecto simplificador e estruturador ressaltado.

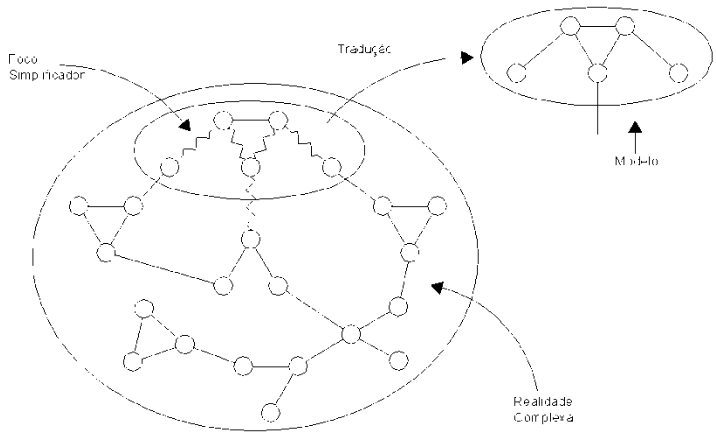


Figura 19 – O processo de tradução

Fonte: Goldbarg (2000, p. 3)

Uma das características do modelo é simplificar a realidade. Arenales et al. (2007) corroboram com esta ideia: modelo é um objeto abstrato que procura imitar as principais características de um objeto real para fins de representação do objeto real. Assim, dada uma realidade um tanto complexa, o modelo deve ser capaz de traduzi-la para algo mais simples, possível de entendimento e resolução, mesmo que isso não corresponda à realidade total. No entanto, ao realizar esta tradução, não se pode modificar significativamente a realidade sob o risco de não contemplar o isomorfismo necessário entre o modelo e a situação ou o objeto real que o mesmo deve representar.

Os modelos são simplificações da realidade e têm relação com o modelador. Algumas informações e percepções são descartadas e isso é inerente a cada pessoa, depende de assunções, de simplificações e das abstrações relacionadas à solução de um problema ou comunicação pretendida. Biembengut e Schimitt (2007) afirmam que o modelo depende antes de tudo de como a pessoa percebe o meio, compreende, representa e procura comunicá-lo. Complementando as ideias das autoras anteriormente citadas, Arenales et al. (2007) afirmam que o modelo deve ser suficientemente detalhado para captar os elementos essenciais do problema, mas suficientemente tratável por métodos de resolução. A elaboração de um modelo matemático também está relacionada com o conhecimento matemático que se tem (BIEMBENGUT, 2003).

Segundo Goldbarg (2000), nem todos os problemas se apresentam da mesma forma; por isso, o processo de tradução contextual deve ser capaz de identificar os elementos fundamentais da questão e transportá-los para uma representação capaz de ser manipulada por artifícios ou métodos de solução. As dificuldades referentes aos processos de tradução e solução são de naturezas diferentes, embora interferentes. A tradução tem por objetivo cooperar com certa abordagem de solução. Na medida em que a tradução promove uma representação mais ou menos tratável pelos métodos existentes, a utilizabilidade do modelo é definida. O conceito que representa essa interferência é a complexidade. Assim, complexidade, segundo Goldbarg (2000), pode ser entendida como o fenômeno de interferência da tradução na possibilidade de solução. Segundo Toscani e Veloso (2001), complexidade no sentido de algoritmos, refere-se aos recursos necessários na resolução de um problema, ou seja, a quantidade de trabalho despendido pelo algoritmo.

Existem modelos mais complexos e menos complexos. Para Campello e Maculan (1994), um algoritmo pode ser P – compreende a classe dos problemas de decisão que admitem um algoritmo de polinomial - e NP (completo ou árduo) – compreende todos os problemas que podem ser resolvidos por algoritmos enumerativos, cuja busca no espaço de soluções é feita em árvore, com profundidade limitada por funções polinomiais no tamanho de entrada do problema e com largura eventualmente exponencial. Para Pidd (1998), problemas lineares contínuos possuem no simplex um algoritmo muito eficiente para a solução exata.

Os menos complexos ou simples são mais facilmente abordados por métodos empíricos, enquanto os mais complexos necessitam, na maioria das vezes, do apoio das técnicas hipotético-dedutivas. Não se pode confundir a facilidade de compreensão do modelo com a complexidade de solução, pois problemas combinatórios cujo entendimento é considerado fácil apresentam grande complexidade na solução. Para compreender um pouco melhor a ideia de complexidade, a figura 20 mostra as três dimensões que devem ser consideradas.

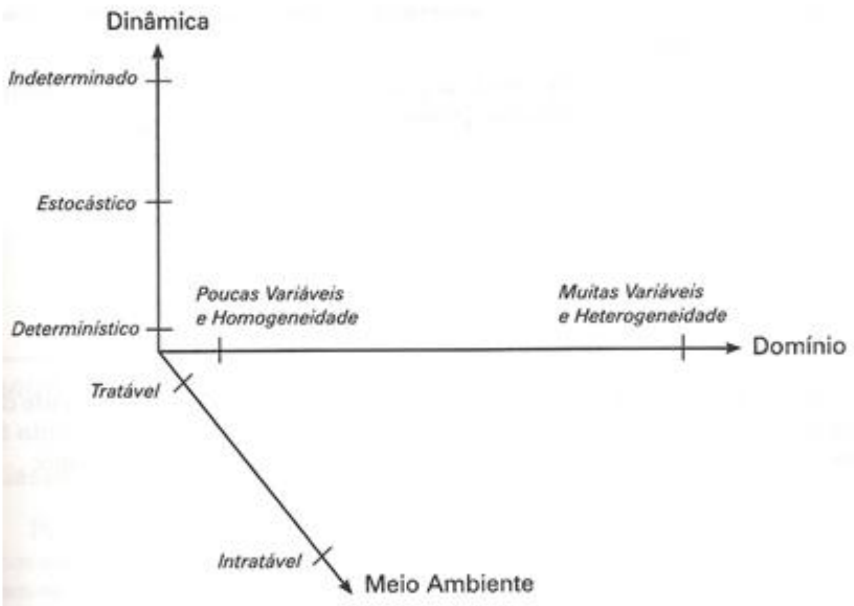


Figura 20 – Dimensões da complexidade de modelos

Fonte: Goldbarg (2000, p. 7)

a) Meio ambiente – representa a permeabilidade ao meio ambiente circunvizinho. Um modelo simples possui um perímetro de interferência simples e bem definido.

b) Domínio – refere-se ao número de variáveis. Um modelo simples apresenta um número pequeno de variáveis, uma estrutura homogênea e uma morfologia uniforme.

c) Dinâmica – refere-se à estrutura interna e como esta se altera ao longo do tempo.

Para Bassanezi (2002, p. 22), “modelos determinísticos são baseados na suposição que se existem informações suficientes em um determinado instante ou num estágio de algum processo, então todo o futuro do sistema pode ser previsto precisamente”. Referindo-se aos modelos estocásticos, afirma que são aqueles que descrevem a dinâmica de um sistema em termos probabilísticos. Os modelos práticos tendem a empregar métodos estocásticos, e quase todos os processos biológicos são formulados com estes modelos quando se tem pretensões de aplicabilidade.

Pode-se, portanto, afirmar que um modelo é simples quando ele é pouco influenciado pelas variações do meio ambiente. É estruturalmente estável, homogêneo; apresenta poucas variáveis e um comportamento facilmente previsível, conforme ilustrado na figura a seguir.

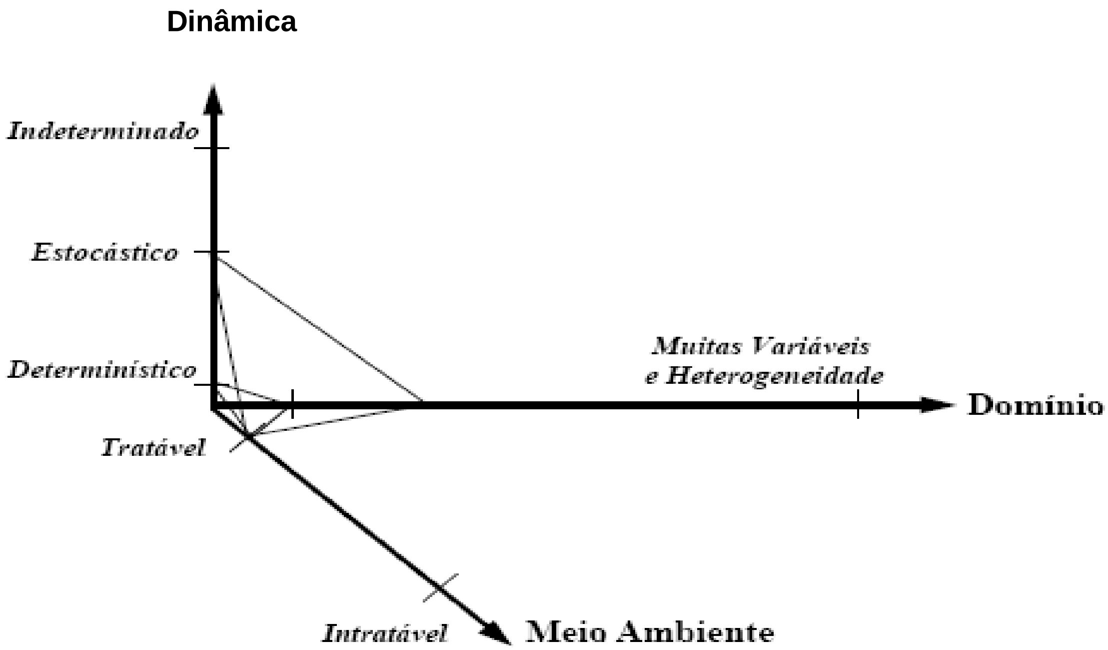


Figura 21 – Espaço viável para atuação dos modelos matemáticos

Fonte: Goldbarg (2000, p. 7)

Os modelos matemáticos de que trata este estudo enquadram-se no tipo modelos simples, pois, de acordo com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1968, 2003), deve-se partir dos conhecimentos prévios dos alunos. Em se tratando do público alvo desta pesquisa, seus conhecimentos prévios em matemática, conforme apontaram pré-testes, são conteúdos de matemática básica, conforme discussão no capítulo “Resultados e análise dos resultados”.

Quanto à natureza dos modelos, vários autores mostram diversas arquiteturas, entre eles Lachtermacher (2002), Goldbarg (2000). O primeiro autor anteriormente citado apresenta uma classificação mais simples e os separa em três tipos:

a) Modelos físicos – são exemplos deste tipo, modelos de aeronaves e casas utilizados por engenheiros.

b) Análogos – representam as relações através de diferentes meios. São exemplos deste tipo, os mapas rodoviários que representam as rodovias de uma região através de traços sobre um papel e um marcador do tanque de combustível que representa, por meio de uma escala circular, a quantidade de combustível existente no tanque.

c) Modelos matemáticos ou simbólicos – são modelos cujas grandezas são representadas por variáveis de decisão e as relações entre elas por expressões matemáticas. Sendo assim, os modelos matemáticos precisam de informações quantificáveis. Um modelo simbólico precisa conter um conjunto suficiente de detalhes, de tal maneira que os resultados atinjam suas necessidades, que o modelo seja consistente com os dados e que possa ser analisado no tempo disponível à sua concepção.

Goldbarg (2000) apresenta um desenho mais complexo ao classificar os modelos quanto à natureza, conforme mostra a figura 22. A mesma tem apenas a pretensão de situar os modelos matemáticos num contexto de modelos.

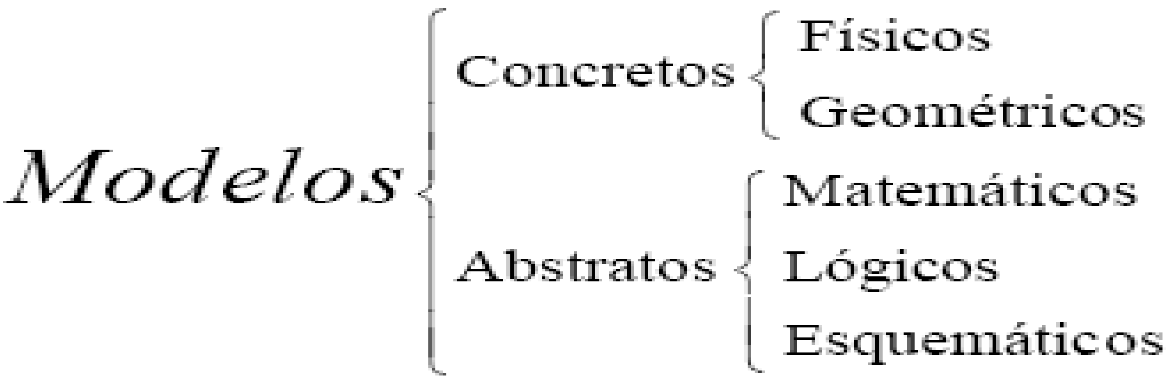


Figura 22 – Uma classificação geral dos modelos

Fonte: Goldbarg (2000, p. 9)

Os autores anteriormente citados apontam modelos matemáticos como sendo uma tipologia de modelos. Corroboraram no aspecto abstrato e simbólico dos mesmos. Este estudo aborda apenas os modelos matemáticos, não se atendo aos demais tipos de modelos.

Assim como não há consenso em relação à definição de modelo, também não há unanimidade quanto ao significado do conceito modelo matemático. Para

McLone (1976), um modelo matemático é um construto matemático abstrato, simplificado, que representa uma porção da realidade com algum objetivo particular. Bassanezi (2002) define modelo matemático como um conjunto de símbolos e relações matemáticas que representam, de alguma forma, o objeto estudado. Segundo Biembengut (1997, p. 89), modelo matemático é “um conjunto de símbolos e de relações matemáticas que representa, de alguma forma, um fenômeno em questão ou um problema de situação real”. Arenales et al. (2007) conceituam modelo matemático como sendo uma simplificação da realidade (abstração) de um problema real. Na mesma linha, Lachtermacher (2002) refere-se a duas importantes características dos modelos matemáticos: (1) o modelo será sempre uma simplificação da realidade; (2) detalhes devem ser incorporados ao modelo para que os resultados atinjam suas necessidades, isto é, que o modelo seja consistente com as informações disponíveis e que seja modelado e analisado no tempo disponível para tal.

De acordo com Biembengut (2003, p. 12),

> a elaboração de um modelo depende do conhecimento matemático que se tem. Se o conhecimento matemático restringe-se a uma matemática elementar [...] o modelo pode ficar delimitado a esses conceitos. Tanto maior o conhecimento matemático, maior serão as possibilidades de resolver questões que exijam uma matemática mais sofisticada. Porém o valor do modelo não está restrito à sofisticação matemática.

Nas séries iniciais do ensino fundamental, pode-se trabalhar com modelagem matemática usando uma matemática mais elementar. Normalmente, trabalhos práticos são muito motivadores tanto para alunos quanto para professores, conforme apontam os trabalhos de Burak (1987), Scheffer (1990) e Rehfeldt (1997). As principais características encontradas nestes trabalhos são as relações estabelecidas entre a matemática e os demais componentes curriculares, bem como aspectos motivadores para o estudo da matemática que contribuem para uma aprendizagem significativa, tema descrito no capítulo 2.

Bassanezi (2002, p. 20) destaca que os modelos matemáticos podem ser formulados de acordo com a natureza dos fenômenos ou situações analisadas e classificadas conforme o tipo de matemática utilizada em:

a) Linear ou não-linear – as equações que constituem o modelo matemático podem ser lineares ou não-lineares. Os modelos matemáticos deste estudo contemplaram apenas equações e inequações lineares.

b) Estático – quando representa a forma de um objeto (forma de um alvéolo); ou dinâmico – quando simula variações de estágios do fenômeno (crescimento populacional de uma colméia).

c) Educacional - quando é baseado em um número pequeno de suposições tendo, quase sempre, soluções analíticas. Esses modelos, geralmente, não representam a realidade com o grau de fidelidade adequada para se fazer previsões, mas são interessantes na aquisição de experiência e no fornecimento de ideias para a formulação de modelos mais adequados à realidade estudada; ou aplicativo - é aquele baseado em hipóteses realísticas e, geralmente, envolve inter-relações de um grande número de variáveis, fornecendo, em geral, sistemas de equações com numerosos parâmetros. Nesse caso, um tratamento analítico pode ser impossível, sendo, portanto, necessárias soluções computacionais.

d) Estocástico ou determinístico – de acordo com o uso de fatores aleatórios nas equações.

Os modelos matemáticos desenvolvidos pela maioria dos estudantes não têm alto grau de fidelidade com a realidade, mas podem trazer indícios de reflexões e concepções de situações-problema, bem como mostrar a representação do conhecimento adquirido. A classificação do autor não parece ser excludente – um modelo matemático pode se enquadrar em vários tipos. Além disso, um modelo educacional pode se converter num modelo aplicativo, desde que o modelo matemático seja modificado progressivamente. O presente estudo utilizou apenas modelos matemáticos, contemplando equações e inequações lineares sem a preocupação com a classificação em estático ou dinâmico, estocástico ou determinístico, nem com a separação em educacionais ou aplicados, pois aqui se entende que esta última categorização nem sempre seja possível, haja vista a imbricação existente.

Com relação à origem da modelagem matemática, de acordo com Biembengut, Hein e Dorow (2007), há indícios de estudos sobre modelagem matemática como metodologia de ensino que datam do início do século. Mundialmente, há evidências em uma coleção de textos americanos (anos 60) nos trabalhos realizados pelo *School Mathematics Study Group* no 69º anuário da *National Society for the Study of Education* e no *New Trends in Mathematics Teaching IV* no qual foi apresentado um panorama sobre as aplicações matemáticas no ensino e o processo de construção de modelos. Na Europa, também houve movimentos impulsionados por Hans Freudenthall, Bernhelm Booss, Morgens Niss, o que contribuiu para o surgimento do Congresso sobre o tema Matemática e Realidade em 1978. Em 1983, surgiu o Grupo Internacional de Modelagem Matemática e Aplicações filiado ao ICMI – *The International Commission On Mathematical Instruction* - que realiza eventos internacionais bianualmente. Estes movimentos internacionais influenciaram o surgimento da modelagem matemática no Brasil. Os precursores, segundo Biembengut, Hein e Dorow (2007), são Aristides Camargo Barreto, Ubiratan D'Ambrosio e Rodney Bassanezi. Este último, considerado o principal disseminador da modelagem, adota este recurso em suas práticas de sala de aula tanto na graduação quanto na pós-graduação. A partir desses nomes, foram desenvolvidas pesquisas de modelagem matemática no Brasil e que têm se ampliado em eventos (congressos regionais, estaduais ou nacionais), cursos de pós-graduação e de formação continuada.

Segundo Monteiro (1992), há dois grupos que utilizam a modelagem matemática: os que a concebem como um método de pesquisa em matemática e os que a concebem como um método pedagógico no processo de ensino e aprendizagem da matemática. No primeiro grupo, inserem-se as pesquisas em matemática pura e aplicada, que entendem modelagem como um processo de abstração no qual são levantadas as hipóteses e, a partir delas, constrói-se o modelo matemático. Este é testado e analisado para verificar sua validade. Caso o modelador não o valide, recomeça-se o processo. Já o segundo grupo, conforme Monteiro (1992), entende que a modelagem é um caminho para o ensino e a aprendizagem da matemática, no qual o aluno parte de uma realidade observada. Algumas definições a seguir mostrarão essa dualidade de ideias.

Segundo Biembengut (2003, p. 12), "modelagem matemática é o processo que envolve a obtenção de um modelo [matemático]". McLone (1976) *apud*

Bassanezi (2002) entende que modelagem matemática é uma representação de mundo real que leva a uma interpretação significativa deste, dando abertura a futuros eventos. A ideia está representada na figura a seguir.

Figura 23 – Esquema simplificado de modelagem matemática, segundo McLone (1976)

Fonte: Bassanezi (2002, p. 44)

Berry e O'shea (1982) referem-se à modelagem matemática como um processo que inicia com a descrição de um problema de origem não matemática para chegar a uma linguagem matemática. D'Ambrósio (1986) caracteriza a modelagem matemática por meio do esquema a seguir.

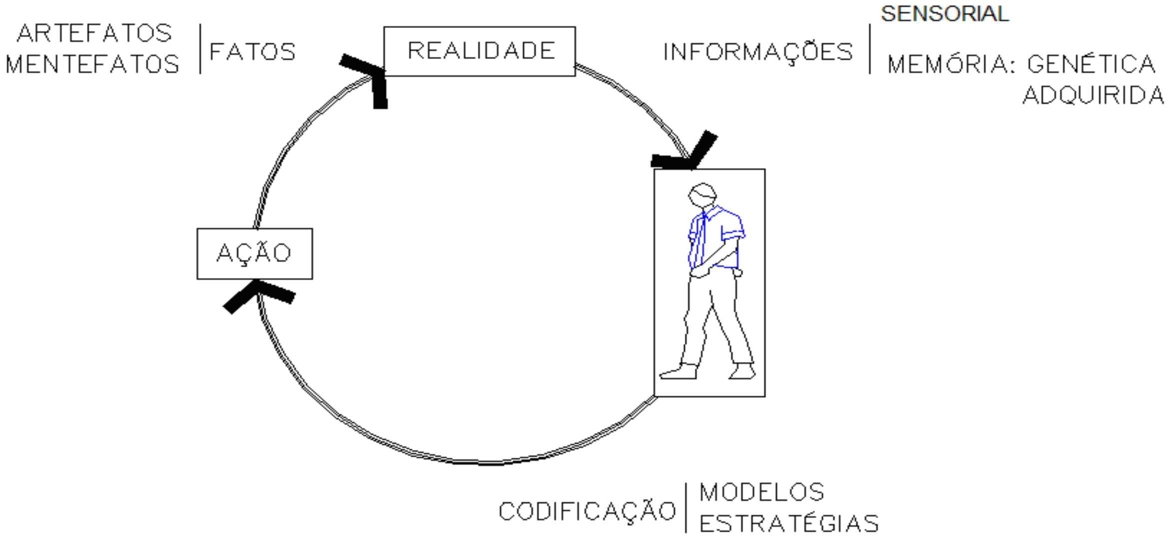


Figura 24 – Esquema de modelagem matemática, segundo D' Ambrósio (1986)

Fonte: Adaptado de D'Ambrósio (1986)

Segundo o autor supracitado, a realidade é composta de artefatos (elementos concretos) e mentefatos (elementos abstratos). Quando os mentefatos, que resultam da ação, se incorporam à realidade, ela será modificada. Desta forma, a modelagem matemática pode ser entendida como uma dinâmica realidade-reflexão sobre a realidade, que resulta numa ação planejada, que ocorre através da construção de modelos sobre os quais o indivíduo opera.

Burak (1987) vê a modelagem matemática como um conjunto de procedimentos cujo objetivo é construir um paralelo para tentar explicar matematicamente os fenômenos do seu cotidiano, ajudando o homem a fazer predições e a tomar decisões. Para Mendonça (1993), a modelagem matemática é um processo de sentido global que inicia numa situação-problema na qual se procura a solução por meio de um modelo matemático que traduzirá, em linguagem matemática, as relações naturais do problema de origem, bem como buscará a verificação e a validação ou não dos dados reais.

Bassanezi (2002) e Lebeta (2006) mencionam que a modelagem matemática é a arte/processo[16] de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e de resolvê-los, interpretando soluções na linguagem do mundo real.

Os modelos matemáticos são elaborados seguindo-se etapas. Vários autores as descrevem: Gazzeta (1989), Biembengut (2003), Warwick (2007), Arenaeles et al (2007), Lachtermacher (2007) e outros. Para Bassanezi (2002), a modelagem matemática de uma situação ou problema real deve seguir uma sequência de etapas que podem ser visualizadas na figura 26.

---

[16] Há autores que citam que modelagem é uma arte (BIEMBENGUT, 2003, 2007; BASSANEZI, 2002; WARWICK, 2007; outros (LEBETA, 2006; BERRY e O'SHEA, 1982; BIEMBENGUT, 2003, 2007), um processo.

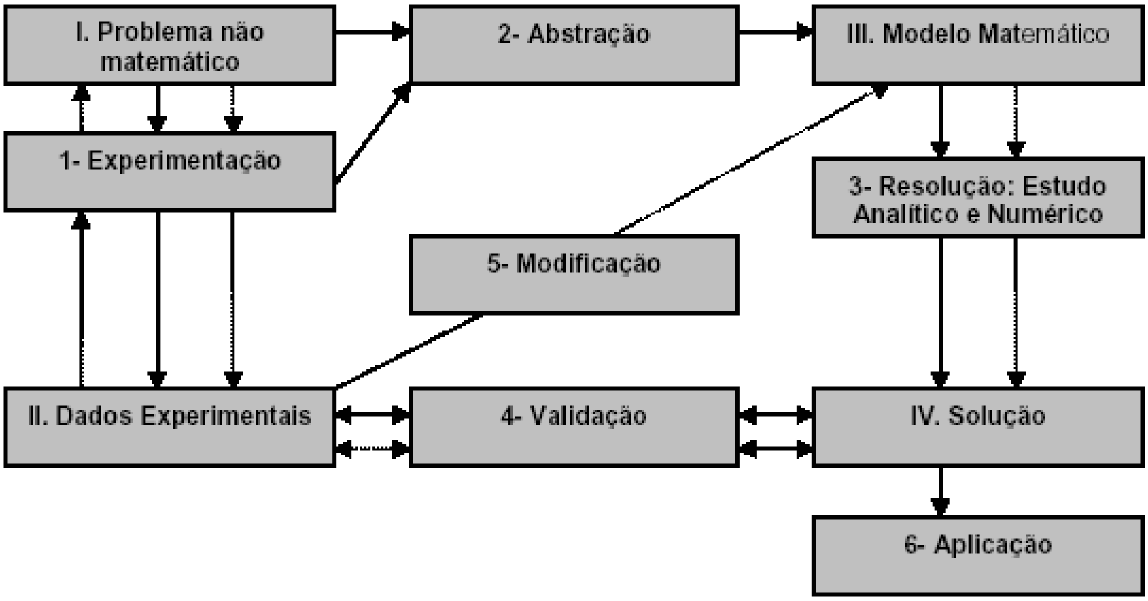


Figura 25 – Esquema de uma modelagem

Fonte: Bassanezi (2002, p. 27)

- Experimentação – é uma atividade laboratorial ou estatística para a obtenção de dados experimentais ou empíricos que ajudem na compreensão do problema, na modificação do modelo e na decisão de sua validade.

- Abstração – é o procedimento que deve levar à formulação dos modelos matemáticos. Nessa fase, o modelador deve preocupar-se com o processo de seleção das variáveis essenciais e a formulação em linguagem “natural” do problema ou da situação real, bem como formular hipóteses a serem investigadas.

- Resolução – o modelo matemático é montado quando se substitui a linguagem natural por uma linguagem matemática coerente. O estudo do modelo depende da sua complexidade e pode ser um processo numérico. Quando os argumentos conhecidos não são eficientes, novos métodos podem ser criados, caso contrário, o modelo deve ser modificado.

- Validação – é o processo de aceitação ou não do modelo proposto. Nesta fase, deve-se comparar a solução obtida via resolução do modelo matemático com os dados reais. É um processo de decisão de aceitação ou não do modelo inicial. O grau de aproximação desejado será o fator preponderante na decisão.

> O problema de aceitação ou não de um modelo depende muito mais de fatores que condicionam o modelador, incluindo seus objetivos e recursos disponíveis. O simples confronto com os dados empíricos pode não bastar. De qualquer forma, um bom modelo matemático é aquele que o usuário, especialista na área onde se executou a modelagem, o considera como tal, tendo as qualidades de ser suficientemente simples e representar razoavelmente a situação analisada. (BASSANEZI, 2002, p. 30)

- Modificação – caso o grau de aproximação entre os dados reais e a solução do modelo não seja aceito, devem-se modificar as variáveis ou a lei de formação. Assim, o próprio modelo original é modificado e o processo inicia novamente. Bassanezi (2002) aponta algumas razões que justificam a modificação de um modelo matemático: alguma hipótese usada pode ser falsa ou não suficientemente próxima da verdade (uma simplificação demasiada da realidade); alguns dados experimentais ou informações podem ter sido obtidos de forma incorreta; as hipóteses e os dados são verdadeiros, mas insuficientes; intuição da realidade é inadequada; a existência de outras variáveis que não foram utilizadas no modelo teórico; erro no desenvolvimento do modelo matemático formal; algum princípio novo pode ter sido descoberto.

- Aplicação – a modelagem eficiente permite fazer predições, tomar decisões, explicar e entender e, acima de tudo, participar do mundo real com capacidade para influenciar em suas mudanças.

De uma forma similar, Warwick (2007), baseado em Edwards e Hamson (2001), apresenta as etapas do processo de modelagem, conforme figura 26.

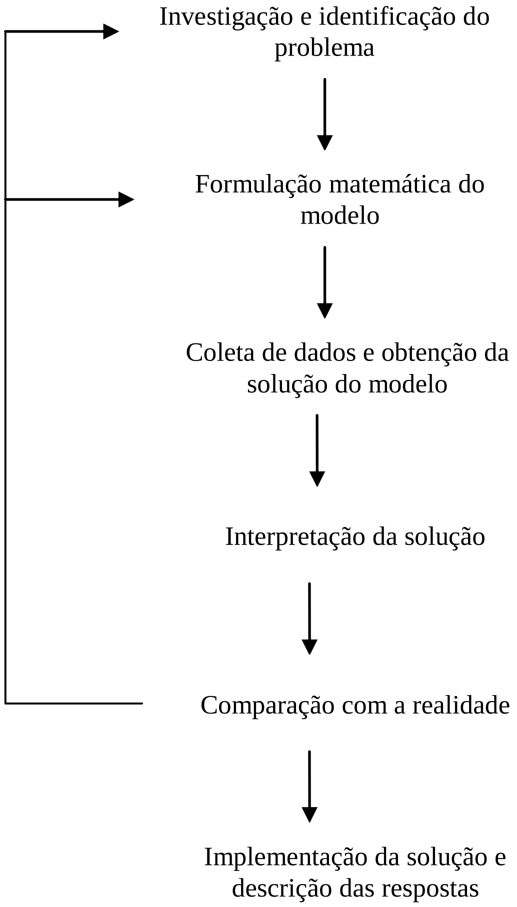


Figura 26 – Etapas do processo de modelagem

Fonte: Warwick (2007, p. 33)

Observando as descrições dos dois autores anteriormente citados, percebe-se que a similaridade inicia na descrição dos processos e finaliza com a implementação ou aplicação. Ademais**,** os autores corroboram na dinamicidade do processo, mostrando por meio dos esquemas, que a modelagem não é algo estático e que se o modelo for comparado à realidade e não apresentar um isomorfismo aceito pelo modelador, o processo se inicia novamente, tornando-o dinâmico.

A concepção de modelagem matemática do presente estudo perpassa a ideia de que seja um método de pesquisa em matemática que parte de problemas reais, mas, antes de tudo, constitui-se num processo pedagógico para o ensino e aprendizagem da matemática, prevalecendo a ênfase neste segundo aspecto.

3.2.1 Contribuições da modelagem matemática no processo ensino-aprendizagem

A análise de dissertações e teses desenvolvidas ao longo dos últimos anos constitui-se numa boa fonte de pesquisa para compreender contribuições e resultados sugeridos pela modelagem matemática.

No trabalho de Biembengut, Hein e Dorow (2007), intitulado Mapeamento das Pesquisas sobre Modelagem Matemática no Ensino Brasileiro: Análise das dissertações e teses desenvolvidas no Brasil, são relatadas as pesquisas apresentadas nas dissertações (42) e teses (7) sobre modelagem matemática no ensino brasileiro no período de 1976 a 2007[17].

O IX Encontro Nacional de Educação Matemática promovido pela Sociedade Brasileira de Educação Matemática (SBEM), em julho de 2007, trouxe como uma das temáticas de discussão a modelagem matemática. Foram proferidas palestras por vários educadores com destaque na área, como Jonei Cerqueira Barbosa, Jussara de Loiola Araújo e Adilson Oliveira do Espírito Santo, comunicações científicas e relatos de experiências específicas de outros autores.

Explicitamente, as vantagens da modelagem matemática para o processo ensino-aprendizagem apontadas por Biembengut e Schimitt (2007), podem ser sintetizadas em quatro principais: (1) processo cognitivo – a percepção do meio permite gerar ideias a partir da compreensão e do entendimento do mesmo, o que pode transformar-se em significado, modelo e, portanto, em conhecimento, que por sua vez, permite formar imagens e conceitos, criar objetos, dar forma, cor, sentido ao mundo em que se vive. O processo cognitivo consiste em variar as observações e as medidas, em formular hipóteses verificáveis, ou seja, em identificar os elementos essenciais da situação observada. É neste sentido que os modelos matemáticos se constituem em ferramentas que auxiliam as pessoas a processar informações e estimular novas ideias e compreensões, bem como refletir sobre fenômenos complexos. (2) Aplicabilidade e utilidade matemática – no cotidiano, há muitas situações que requerem decisões. Desta forma, os modelos matemáticos podem contribuir. A utilização de situações cotidianas ou do meio circundante pode

[17] Mais explanações acerca dos estudos dos autores encontram-se no ANEXO I.

contribuir na formação dos estudantes em qualquer fase de escolaridade. Habilidades como identificar, descrever, comparar e classificar os objetos e coisas ao redor; visualizar e representar os mais diferentes entes, representar e resolver situações-problema são aquisições importantes para a construção do conhecimento. (3) Metodologia de pesquisa – promover modelagem matemática significa fazer pesquisa sobre um tema de interesse, além de estimular a criatividade e criticidade. Ao resolver situações-problema, é necessário discernir e argumentar resultados que podem extrapolar o problema da vida real original.

> [...] promover Modelagem Matemática no ensino implica também, ensinar o estudante em qualquer nível de escolaridade a fazer pesquisa, sobre um tema de seu interesse. Assim, além de uma aprendizagem matemática mais significativa possibilita o estímulo à criatividade na formulação e na resolução de problemas e senso critico em discernir os resultados obtidos. (BIEMBENGUT e SCHIMITT, 2007, p. 6)

(4) Aprendizagem – conhecimento é a capacidade da mente em significar ou modelar informações e utilizá-las em momentos oportunos. Reflete a habilidade intrínseca do sistema cognitivo de reorganizar-se para gerar novos conhecimentos frente a necessidades impostas pelo meio. Mas nem todas as informações geram aprendizagem.

Autores como Machado Júnior (2005), Barbosa (2004a), Barbosa e Santos (2007), Barasuol (2006), baseados em Blum (1995), apresentam cinco argumentos para a inclusão da modelagem no currículo. (1) Motivação – os alunos se sentiriam mais motivados para o estudo da matemática, pois vislumbrariam a aplicabilidade do que estudam na escola. (2) Facilitação da aprendizagem – os alunos teriam mais facilidade em compreender as ideias matemáticas, já que poderiam relacioná-las a outros assuntos. (3) Preparação para utilizar a matemática em diferentes áreas – os alunos teriam a oportunidade de desenvolver a capacidade de aplicar matemática em diversas situações, o que é desejável para inserir-se no cotidiano e no mundo do trabalho. (4) Desenvolvimento de habilidades gerais de investigação – os alunos teriam a oportunidade de pesquisar e desenvolver oportunidades de investigação. (5) Compreensão do papel sócio-cultural da matemática – os alunos analisariam como a matemática pode ser usada nas práticas sociais. Biembengut e Schimitt (2007) citam que a aprendizagem também tem relação com o interesse e é neste sentido que a modelagem matemática pode contribuir.

Conforme já expresso anteriormente**,** intimamente relacionadas com a sala de aula, ainda há outras áreas nas quais a modelagem pode contribuir de alguma forma.

a) Como método científico (pesquisa):

Bassanezi (2002) relata a importância da modelagem matemática quando utilizada como instrumento de pesquisa, pois: (1) pode estimular novas ideias e técnicas experimentais; (2) pode dar informações em diferentes aspectos dos inicialmente previstos; (3) pode ser um método para fazer interpolações, extrapolações e previsões; (4) pode sugerir prioridades relativas a aplicações de recursos e pesquisas e eventuais tomadas de decisão; (5) pode preencher lacunas, como, por exemplo, a falta de dados experimentais; (6) pode servir como recurso para melhor entendimento da realidade; (7) pode servir de linguagem universal para a compreensão e o entrosamento entre pesquisadores em diversas áreas do conhecimento.

b) Na engenharia:

Bazzo e Pereira (2000) mencionam que o uso de modelos na engenharia é importante porque: (1) é muito dispendioso e nada prático construir todas as alternativas possíveis para o SFR (sistema físico real), ou seja, o objeto real, até encontrar uma solução satisfatória; (2) o processo direto de construção pode ser destrutivo e perigoso; (3) um modelo pode ser facilmente aprimorado, visto que há menos variáveis para controlar durante os testes; (4) é possível fazer um exame da situação de muitas variáveis, determinando seus efeitos sobre o SFR; (5) com o avanço computacional, as variáveis podem ser facilmente analisadas, pois vários testes podem ser realizados até a exaustão num curto espaço de tempo; (6) a abstração leva a um problema familiar, ou seja, algo mais conhecido e presente na vida do técnico.

c) Nos negócios:

Outro setor que evolui a partir da aplicação das ideias da programação matemática é o ramo empresarial. Segundo Goldbarg (2000), as empresas estão fortemente direcionadas ao apoio da tomada de decisão no gerenciamento de sistemas de grande porte, principalmente no que diz respeito ao tratamento de variáveis quantificáveis. A técnica permite a modelagem de inter-relações entre variáveis que dificilmente seriam vistos de forma intuitiva. Com a utilização dos programas de programação matemática, inúmeras configurações podem ser examinadas e o tomador de decisão pode escolher a melhor segundo critérios previamente definidos.

Segundo Lachtermacher (2002), o uso do processo de modelagem para a tomada de decisão apresenta diversas vantagens: (1) os modelos forçam os decisores a tornarem explícitos seus objetivos; (2) os modelos forçam a identificação e o armazenamento das diferentes decisões que influenciam os objetivos; (3) os modelos forçam a identificação e o armazenamento dos relacionamentos entre as decisões; (4) os modelos forçam a identificação das variáveis a serem incluídas e em que termos elas serão quantificáveis; (5) os modelos forçam o reconhecimento de limitações; (6) os modelos permitem a comunicação das ideias e seu entendimento para facilitar trabalho de grupo.

Considerando estas características, os modelos podem ser utilizados como ferramenta consistente para avaliação e divulgação de diferentes políticas empresariais. Dentro ou fora da sala de aula, em diferentes ramos, há vasta aplicação dos modelos matemáticos. As contribuições dependem do quanto o modelador faz uso deste recurso.

3.2.2 O ambiente onde se desenvolve a modelagem matemática e o fazer matemática

Vários autores, entre eles Biembengut (2003), Bassanezi (2002), Borba e Bovo (2002), mencionam a modelagem matemática como uma metodologia de ensino da matemática. Machado Júnior (2005, p. 22) sugere que a modelagem não é nem um método, nem uma metodologia e, baseado em Barbosa (2001) e Skovsmose (2000), o autor anteriormente citado afirma que “modelagem é um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a indagar ou investigar, por meio de matemática, situações oriundas de outras áreas da realidade”.

Para Barbosa (2001, p. 2), o ambiente de aprendizagem em modelagem matemática pode ser configurado em três níveis não excludentes:

> Nível 1 – Trata-se da problematização de algum episódio real. A uma dada situação, associam-se problemas. A partir das informações qualitativas e quantitativas apresentadas no texto da situação, o aluno desenvolve a investigação do problema proposto. Ilustrações deste tipo de atividade encontram-se em Franchi (1993) e Kitchen e Williams (1993).
> Nível 2 – O professor apresenta um problema aplicado, mas os dados são coletados pelos próprios alunos durante o processo de investigação. Encontram-se tarefas deste nível em Bimbengut (1999) e Galbraith e Clatworthy (1990)
> Nível 3 – A partir de um tema gerador, os alunos coletam informações qualitativas e quantitativas, formulam e solucionam problemas. Bassanezi (1994a, 1994b), Biembengut (1990), Borba, Meneghetti e Hermini (1997, 1999) desenvolveram este tipo de atividade.

Para o autor, “à medida que se vai percorrendo do nível 1 para o 3, aumenta-se o grau de abertura e espera-se que os alunos assumam paulatinamente a condução das atividades” (BARBOSA, 2001, p. 2).

Conceituando de forma diferente, mas com sentido idêntico, Biembengut (2003, p. 18) traz outro termo: modelação. Para a autora, o método que utiliza a essência da modelagem em cursos regulares como programa, denomina-se modelação matemática. “A modelação matemática norteia-se por desenvolver o conteúdo programático a partir de um tema ou modelo matemático e orientar o aluno na realização de seu próprio modelo-aprendizagem”. Pode valer como método de aprendizagem da matemática em qualquer nível, das séries iniciais aos cursos de pós-graduação. Segundo a autora, os objetivos são:

a) aproximar outras áreas do conhecimento da matemática;

b) enfatizar a importância da matemática para a formação do aluno;

c) despertar o interesse pela matemática através da aplicabilidade;

d) melhorar a apreensão dos conceitos matemáticos;

e) desenvolver a habilidade para resolver problemas;

f) estimular a criatividade.

Para colocar em prática o método da modelagem matemática, Biembengut (2003, p. 19-28) sugere cinco passos: (1) Diagnóstico – o diagnóstico é fundamental para conhecer a realidade do aluno, pois poderá nortear a escolha do tema. É interessante que se conheça a realidade socioeconômica dos alunos, bem como seus interesses e metas, o grau de conhecimento matemático, o horário da disciplina, o número de alunos da turma, a disponibilidade dos alunos para trabalho extraclasse. (2) Escolha do tema ou modelo matemático – para desenvolver o conteúdo programático, o professor pode propor um único tema ou deixar que os alunos escolham o tema. No segundo caso, os alunos se sentem mais participantes do processo, mas, como desvantagem, traz a sobrecarga de trabalho do professor, pois este deverá inteirar-se dos temas escolhidos. (3) Desenvolvimento do conteúdo programático – o professor segue as etapas da interação – reconhecimento da situação-problema e familiarização da matematização – formulação e resolução do problema e do modelo matemático – interpretação e validação. (4) Orientação de modelagem – a modelagem matemática prima por criar condições para que os alunos aprendam a fazer modelos matemáticos que aprimorem seus conhecimentos. Os alunos escolhem o tema e a direção do trabalho, cabendo ao professor promover a autonomia. Desta forma, a modelagem pode incentivar a pesquisa, promover a habilidade em formular e resolver problemas, lidar com temas de interesse, aplicar o conteúdo matemático e desenvolver a criatividade. O papel do professor é orientar e acompanhar os alunos no desenvolvimento do seu trabalho de modelagem. (5) Avaliação do processo – o ensino da matemática deve proporcionar ao aluno sólida formação matemática e capacidade para enfrentar e solucionar problemas, realizar pesquisa, capacidade de utilizar máquinas (calculadoras e computadores) e trabalhar em grupo. Sendo assim, na avaliação, convém que o professor considere aspectos como o redirecionamento do trabalho e a verificação do grau de aprendizado do aluno. No último caso, podem ser analisados aspectos subjetivos (observação do professor) e objetivos (provas, exercícios, trabalhos realizados).

Ainda, segundo Biembengut (2003), entre os aspectos subjetivos pode-se avaliar a participação, a assiduidade, o cumprimento das tarefas e o espírito comunitário. Quanto aos aspectos objetivos, sugere-se avaliar: (a) Produção e conhecimento matemático, ou seja, a consolidação de conhecimentos matemáticos teóricos, o raciocínio lógico, a operacionalização de problemas numéricos, a crítica em relação a conceitos de ordem de grandeza e a expressão e interpretação gráfica. (b) Produção do trabalho de modelagem em grupo que pode englobar a qualidade dos questionamentos, a pesquisa elaborada pelo aluno, a obtenção de dados relativos ao problema a ser modelado, a interpretação e elaboração de modelos matemáticos, a discussão e decisão sobre a natureza do problema levantado, a adequação da solução apresentada, a validade das soluções fornecidas pelo modelo, a exposição oral e escrita do trabalho. (c) Extensão e aplicação do conhecimento que diz respeito à síntese, aliada à capacidade de compreensão e de expressão dos resultados matemáticos, análise e interpretação crítica de outros modelos utilizados.

Apesar de serem apontadas vantagens em relação ao uso da modelagem matemática, também há obstáculos a serem enfrentados tanto por professores quanto por alunos. Bassanezi (2002) aponta três tipos: (1) Obstáculos instrucionais – o cumprimento, na íntegra, dos programas nos cursos regulares. Além disso, alguns professores têm dúvidas se as aplicações e conexões com outras áreas fazem parte do ensino da matemática. (2) Obstáculos para estudantes – o uso da modelagem foge do estilo tradicional de aprendizado dos alunos, que veem o professor como aquele que transmite conhecimentos. (3) Obstáculos para professores – muitos professores não estão habituados a desenvolver a modelagem matemática em seus cursos, por falta de conhecimento ou por medo de encontrarem situações embaraçosas, principalmente quando as aplicações fogem do seu escopo de conhecimentos. Há, ainda, aqueles que alegam a necessidade de preparar as aulas e também não terão tempo de cumprir todo o programa.

Biembengut e Schimitt (2007) também apontam dificuldades em torná-la uma prática de sala de aula. Após analisar várias experiências mundiais, afirmam que ainda há muita resistência por parte dos professores em adotá-la até mesmo em países desenvolvidos, como aponta o excerto a seguir.

> Por exemplo, na Alemanha, segundo Schwarzkopf (2007), os estudantes não seguem uma lógica na resolução de um problema, mas sim, seguem a tendência da sala de aula. E ainda, que eles e alguns professores não entendem matematicamente uma situação problema nem o sentido desta situação no ‘mundo real’, situação problema ou contexto de interesse deles. No Japão, conforme Hironori (2007), de acordo com o 3º Internacional Estudo de Matemática e Ciências (TIMSS) os estudantes têm estado satisfatoriamente no ranking em resolver questões matemáticas, restritas a técnicas; apesar disto, suas realizações/compreensões da utilidade

> matemática é fraca. Quando são apresentadas situações problemas para os estudantes holandeses resolverem, por exemplo, a tendência é aplicar modelos proporcionais para a solução. Boa parte dos estudantes inclusive universitários tende a assumir relações lineares ao comparar a probabilidade de dois eventos. Isto é, têm dificuldades em descrever, interpretar predizer e explicar as situações problemas (Wim Van Dooren, Dirk De Bock, Na Hessels, Dirk Janssens e Lieven Verschaffel, 2007). As razões podem ser resumidas em duas: formação dos professores e os exames nacionais para avaliação de estudantes (BIEMBENGUT e SCHIMITT, 2007, p. 7-8).

Embora sejam apontados alguns obstáculos, a maioria das pesquisas sinaliza vantagens para o uso da modelagem matemática. É necessário ter em mente, numa perspectiva cognitivista, baseada na teoria da Ausubel (1968, 2003), que a modelagem é um processo de construção da aprendizagem e o crescimento da inteligência não se dá pelo acúmulo de informações, mas pela organização das mesmas. As novas ideias precisam ser incorporadas às já existentes por meio de relações que devem ser estabelecidas.

No capítulo a seguir descreve-se a metodologia utilizada.

4 METODOLOGIA

O estudo seguiu tendências da pesquisa qualitativa (baseada em Lüdke e André, 1986), bem como quantitativas (análise estatística descritiva) e consistiu-se de:

- realização de um pré-teste;
- resolução de problemas relativos ao conteúdo de pesquisa operacional que serviram de ponte entre aquilo que o aluno já sabia e o que deveria saber, o que corresponde na teoria de Ausubel aos organizadores avançados;
- pós-teste para avaliar se os organizadores avançados serviram de âncora para a nova aprendizagem;
- elaboração de um modelo matemático inicial e de um modelo matemático final;
- representação de mapas conceituais – estruturas desenvolvidas pelos alunos em dois momentos;
- questionário semiestruturado ao final das atividades.

A pesquisa foi realizada com alunos do Centro Universitário UNIVATES, graduandos do curso de Administração, mais especificamente da disciplina de Pesquisa Operacional. Os sujeitos da amostra foram escolhidos levando-se em consideração somente aqueles que realizaram todas as atividades. A disciplina ocorreu e, consequentemente, a pesquisa, em 16 encontros semanais presenciais, no turno da noite, num dos laboratórios de informática da Instituição. Além deste espaço de encontro, os alunos tiveram a possibilidade de interação em momentos assíncronos por meio do ambiente virtual TelEduc[18], ilustrado na figura 27 a seguir,

[18] O ambiente virtual TelEduc utilizado pela UNIVATES foi desenvolvido pela UNICAMP. É utilizado por diversas instituições, tanto para o desenvolvimento de cursos a distância quanto para o apoio ao ensino presencial. Organiza as ferramentas em módulos, disponibilizando: agenda, ferramentas de conteúdo, ferramentas de comunicação síncrona e assíncrona, portfólio, ferramentas de avaliação, ferramentas para geração de exercício, administração e gerenciamento do curso. Apresenta interfaces distintas para o aluno e o professor, restringindo o uso de algumas ferramentas de acordo com o usuário.

e utilizado na Instituição no apoio ao ensino presencial. Assim, todo o material produzido pelos alunos ficou armazenado na ferramenta portfólio[19] para análise. A referida disciplina tem uma carga horária de 60 horas e está proposta no sexto semestre do curso de administração. Tem como pré-requisito a disciplina Matemática.

Figura 27 – A tela de entrada do ambiente

Fonte: Ambiente virtual de aprendizagem do Centro Universitário UNIVATES

Na primeira aula, os participantes da pesquisa resolveram um conjunto de questões[20] cujo objetivo foi avaliar os conhecimentos prévios, ou seja, de acordo com Ausubel (2003), os subsunçores preexistentes. Este instrumento contemplou as possibilidades de observação das habilidades a seguir, necessárias para a resolução de modelos matemáticos de programação linear:

a) resolver uma regra de três simples diretamente proporcional;

b) reconhecer proporcionalidades;

c) representar algebricamente uma inequação;

[19] Local do ambiente virtual TelEduc onde o aluno pode inserir (publicar) seus arquivos, páginas HTML e o resultado das atividades propostas.
[20] Instrumento I - encontra-se nos anexos.

d) representar graficamente uma inequação;

e) resolver um sistema de equações com duas incógnitas e determinado;

f) resolver um problema de programação linear com duas variáveis e duas restrições;

g) operar com os *softwares* graphmatica, projeto Gauss e LINDO.

Por meio do referido instrumento, que foi considerado um pré-teste, foram avaliados subsunçores presentes nos alunos do curso de Administração do Centro Universitário UNIVATES. Com base nos resultados desta avaliação, foi implementado um programa de revisão de conteúdos visando à garantia dos conhecimentos prévios para a resolução de modelos matemáticos de programação linear. Um pós-teste foi realizado. A meta era que, no mínimo, 70% do grupo atingisse 80% de acertos. Assim, julgou-se que o grupo teria condições de iniciar o processo de modelagem matemática. A partir deste momento, os alunos receberam várias situações-problema empresariais – modelagem matemática nível I, tema descrito no subcapítulo sobre modelos – as quais modelaram. Adaptando-se aos conceitos de Ausubel (2003), este material, juntamente com o programa de revisão de conteúdos e mais as aulas de instrumentalização para uso do *software* LINDO, foi chamado de *organizadores avançados*, pois se caracterizou como mecanismos pedagógicos que auxiliaram a implementar princípios, estabelecendo relações entre aquilo que o aluno já sabia e aquilo que precisaria saber.

Após esta abordagem inicial, com base em indícios de que os alunos teriam os subsunçores necessários para elaborar e resolver modelos matemáticos de programação linear, os discentes descreveram uma situação-problema empresarial vivenciada. Apresentaram as variáveis e restrições do modelo matemático de programação linear e como estas se relacionam, resolvendo assim o primeiro modelo matemático referente à situação-problema empresarial. Estas descrições foram postas nos portfólios individuais. O referido material foi chamado de modelo matemático inicial (MMI). Naquele momento, também representaram o primeiro mapa conceitual (MCI) para evidenciar a compreensão do aluno acerca do conceito *modelo matemático* e a importância deste para sua formação profissional.

Ao longo do semestre, os alunos reformularam este modelo matemático referente à situação-problema inicial, observando mais variáveis e restrições além das já apresentadas e, ao final do semestre, elaboraram um trabalho final, que foi denominado modelo matemático final (MMF). Descreveram detalhadamente todo o processo a partir do problema inicial visualizado. Os vários modelos matemáticos intermediários também foram postados nos portfólios individuais dos alunos ou enviados por *e-mail* para a professora da disciplina. Ao final do semestre e concomitante com o *modelo matemático* final, cada aluno também representou o mapa conceitual final de modelo matemático (MCF). A análise dos modelos matemáticos juntamente com os mapas conceituais, permitiu identificar as hipóteses de resultados que obedeceram às categorias a seguir relacionadas:

Para observar as categorias capacidade de reconhecer e de definir problemas e capacidade de equacionar soluções:

a) Número de variáveis percebidas – foi avaliado o aumento do número de variáveis percebidas no modelo matemático final em comparação ao modelo matemático inicial;

b) Número de restrições do problema – foi avaliado o aumento do número de restrições em comparação com o modelo matemático inicial;

c) Precisão nas informações referentes aos parâmetros das variáveis e restrições – foi avaliado o processo de quantificação das variáveis e das restrições e verificou-se se o modelo matemático final apresentou parâmetros mais adequados à situação-problema se comparados aos que constavam no modelo matemático inicial.

As categorias *capacidade de pensar estrategicamente e capacidade de introduzir modificações no processo produtivo* foram avaliadas por meio de questionário semiestruturado após a resolução do último modelo matemático. A questão do pensamento estratégico foi relacionada a perguntas sobre a capacidade do aluno lançar hipóteses sobre consequências de ações. Levou-se em conta que a modelagem matemática favoreceria a precisão desse planejamento, se houvesse:

a) alterações quantitativas nas limitações das restrições;

b) alterações quantitativas nos parâmetros das variáveis da função objetivo;

c) inclusão de restrições que levassem em consideração mercado de trabalho, mercado consumidor, sazonalidades, entre outras relativas à gestão de negócios;

d) elaboração e apresentação à diretoria da empresa de um plano de ações com propostas de melhorias. O instrumento contendo as questões encontra-se no item 5.9.

Os conceitos da teoria de Ausubel (2003) foram observados ao longo de toda a pesquisa nos mapas conceituais, nos modelos matemáticos e nas respostas do questionário semi-estruturado. Explicitamente, foram observados os conceitos de:

a) a existência de subsunçores – observados nos pré-testes realizados no início do semestre 2008 A e no semestre 2008 B;

b) os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora – a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora foram observadas a partir das respostas fornecidas nos questionários semiestruturados, assim como algumas observações realizadas ao longo do trabalho final. Considerou-se haver integração progressiva na medida em que se vislumbrasse nos trabalhos dos discentes a subordinação de ideias. A existência da reconciliação integradora foi observada a partir do estabelecimento de semelhanças e diferenças das situações-problema elaboradas pelos alunos e os problemas discutidos em sala, os quais serviram como organizadores avançados. Os alunos descreveram as diferenças e semelhanças visualizadas entre estes problemas e os elaborados por eles.

Atividades foram desenvolvidas nos semestres 2008 A, 2008 B e 2009 A.

A seguir, são apresentados os resultados da pesquisa e a análise dos mesmos.

5 RESULTADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados do pré-teste (instrumento completo no ANEXO II) realizado no primeiro semestre de 2008 - que serviu como teste piloto -, bem como os dados obtidos com o mesmo instrumento aplicado no segundo semestre de 2008, em outra turma, na disciplina de Pesquisa Operacional (instrumento completo no ANEXO III). Em seguida, face aos resultados obtidos, são apresentados e discutidos os organizadores avançados (instrumento completo no ANEXO IV), que, segundo Ausubel (2003), têm a função de estabelecer relações entre aquilo que os alunos sabiam e o que deveriam saber. Os resultados do pós-teste (instrumento completo ANEXO V) estão na sequência, analisados à luz da teoria de Ausubel (2003). Os modelos matemáticos iniciais (ANEXO VI) e os mapas conceituais iniciais (ANEXO VII), bem como os finais (ANEXOS VIII e IX), fazem parte deste capítulo, assim como as análises dos mesmos. Comparações entre os pares de instrumentos - modelos matemáticos iniciais e finais e mapas conceituais iniciais e finais - também são apresentados. A finalidade destes consiste na observação de alterações nos modelos matemáticos e a busca por evidências para identificar aquisição de habilidades necessárias à formação de administradores. Estão inclusos ainda testes estatísticos para verificar correlações entre mapas conceituais e modelos matemáticos. Por fim, são analisadas as respostas do questionário semiestruturado (ANEXO X) com o intuito de avaliar as mudanças nas categorias capacidade de pensar estrategicamente e capacidade de introduzir modificações no processo produtivo.

5.1 OS RESULTADOS DO PRÉ-TESTE (PILOTO – VERSÃO 2008/A)

Conforme já expresso na introdução deste capitulo**,** o pré-teste (piloto disponível no ANEXO II) foi aplicado no primeiro semestre de 2008 e teve como objetivo observar quais habilidades descritas abaixo, entendidas como subsunçores conforme a teoria de Ausubel (2003), estavam presentes na estrutura cognitiva dos alunos da disciplina de Pesquisa Operacional. Julgou-se que tais subsunçores fossem necessários para a resolução de modelos matemáticos de programação linear. As habilidades observadas foram as seguintes:

a) resolver uma regra de três simples diretamente proporcional;

b) reconhecer proporcionalidades diretamente proporcionais;

c) representar algebricamente uma inequação;

d) representar graficamente uma inequação;

e) resolver um sistema de equações com duas incógnitas e determinado;

f) resolver um problema de programação linear com duas variáveis e duas restrições;

g) operar com os *softwares* graphmatica, projeto Gauss e LINDO.

No estudo piloto, foram analisadas as respostas de 20 sujeitos, escolhidos aleatoriamente, de ambos os sexos, sendo 45% da amostra do sexo masculino e 55% do sexo feminino. O discente mais jovem tinha 21 anos, enquanto o de maior idade tinha 48 anos. Atuavam, profissionalmente, nos ramos bancário, logística, comercial, financeiro, administrativo, tecnologia da informação, moveleiro, produção ou serviços gerais. Um dos sujeitos da amostra, momentaneamente, estava desempregado.

Na questão um[21], houve 100% de acerto, ou seja, todos os alunos souberam encontrar o valor de 10 camisetas. Analisando-se a forma de resolução, é interessante frisar que apenas 20% do grupo utilizou o algoritmo da regra de três para encontrar a resposta. A forma mais empregada foi redução à unidade, ou seja, encontraram o custo unitário e multiplicaram pelo número de camisetas solicitadas.

Na questão dois[22], o percentual de acertos também foi muito significativo, ou seja, 95% do grupo soube estabelecer um critério para definir o produto mais

---

[21] Se três camisetas iguais fornecem um lucro de R$ R$ 63,00, quanto de lucro fornecerão 10 iguais às primeiras?

[22] Um fabricante produz e vende dois artigos: A e B. Na venda do artigo A, obtém um lucro de R$ 180,00 e na venda do artigo B, R$ 300,00. Levando em consideração apenas que, para produzir o artigo A,ele leva duas, e produzir o B ele leva três horas, estabeleça um critério para dizer qual dos produtos é o mais lucrativo para o fabricante.

lucrativo, levando em conta o tempo de produção. A maioria dos discentes utilizou as operações da aritmética para resolver as questões um e dois.

As questões três[23], quatro[24] e seis[25], que necessitavam de conhecimentos algébricos e geométricos, tiveram um percentual muito baixo de acertos. A questão número três, que exigia conhecimentos algébricos, foi acertada, parcialmente, por 2 dos 20 alunos. 50% declararam não saber como resolvê-la e 40% resolveram-na incorretamente. A questão número quatro, que exigia conhecimentos algébricos e geométricos, foi a que teve maior percentual de alunos declarando não saber resolvê-la: 80%. Apenas 1 dos 20 alunos resolveu-a corretamente. Na questão seis, os alunos tiveram um desempenho semelhante à de número três: 5% de alunos com a questão correta; 40% com resolução inadequada e 55% não a resolveram.

A questão cinco[26], um sistema de equações com duas equações e com duas incógnitas, também teve um índice pouco significativo de acertos: apenas 10% do grupo acertou parcial ou integralmente a questão; 45% não souberam resolvê-la e outros 45% efetuaram cálculos inadequados. Nas tentativas de solução, percebeu-se o acentuado uso da aritmética em detrimento da álgebra.

[23] Uma pequena fábrica de móveis produz dois modelos de molduras ornamentais. Ela possui 7 peças de madeira e dispõe de 30 horas de trabalho para confeccionar os dois modelos, sendo que o modelo A requer 2 peças de madeira e 5 horas de trabalho, enquanto o modelo B necessita de 1 peça de madeira e 7 horas de trabalho. Represente a situação acima algebricamente através de inequações.

[24] Represente através de um gráfico a inequação $x + y \geq 5$.

[25] Um fabricante de jóias fabrica brincos e colares. Ele tem um lucro de R$ 4500,00 em cada brinco e R$ 8000,00 em cada colar vendido. Supõe-se que devido à forte demanda desses itens, consegue-se vender toda a produção da fábrica. Mas, a produção da firma é limitada em dois aspectos: em cada brinco, utilizam-se 5 unidades de ouro. Da mesma forma, cada colar produzido utiliza 20 unidades de ouro. Dispomos de um total de 400 unidades de ouro. Cada brinco produzido gasta 10 homens-hora e cada colar gasta 15 homens-hora. Dispomos de um total de 450 homens-hora. O objetivo do fabricante é descobrir qual a quantidade de brincos e colares a serem fabricados de tal modo que o lucro total seja o maior possível. Então, quantos brincos e colares o fabricante deverá fazer para obter o lucro máximo dentro das condições citadas acima?

[26] Uma refinaria de petróleo processa dois tipos de petróleo: com alto teor de enxofre e com baixo teor de enxofre. Cada tonelada de petróleo com baixo teor exige 5 minutos na unidade de mistura e 4 minutos na refinação; cada tonelada de alto teor exige 4 minutos de mistura e 2 minutos de refinação. Se a unidade de mistura está disponível durante 3 horas, e a refinaria durante 2 horas, quantas toneladas de cada tipo de óleo deveriam ser processadas para que as duas unidades sejam completamente utilizadas?

Na última questão[27], referente ao uso de *softwares,* apenas 1 aluno dos 20 mencionou ter conhecimento do *software graphmatica*. Os demais *softwares*, incluindo o LINDO, são desconhecidos do grupo.

A análise deste teste piloto levou a inferir que os alunos do curso de administração do primeiro semestre de 2008 tinham conhecimentos prévios - subsunçores para reconhecer e resolver questões que envolviam regra de três diretamente proporcionais. Utilizaram a aritmética para solucioná-las e encontraram dificuldade para operar com a álgebra. Pôde-se perceber esta intenção na fala de um dos alunos: “Não gosto de fórmulas, gosto da prática, sempre uso o método das tentativas, da lógica”[28]. Quanto aos subsunçores algébricos, eles estão presentes na minoria do grupo. Os alunos declararam, em vários momentos, que não lembravam mais como equacionar ou representar equações/inequações lineares. Graficamente, também não sabiam representar inequações.

Analisando-se os resultados à luz da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003), foi possível inferir que há indícios de subsunçores relativos à capacidade de resolução e reconhecimento da regra de três diretamente proporcional. As demais habilidades elencadas e necessárias para resolver problemas de programação linear, como representar algebricamente uma inequação; representar graficamente uma inequação; resolver um sistema de equações com duas incógnitas; resolver um problema de programação linear com duas variáveis e duas restrições e operar com os *softwares graphmatica*, projeto Gauss e LINDO não estavam presentes neste grupo.

Avaliou-se que o instrumento contemplou a possibilidade de observar a existência/inexistência dos subsunçores, não havendo necessidade de ajustes. Por este motivo, o mesmo instrumento – com inclusão de dados de identificação pessoais (idade, tempo e setor de atuação profissional, percentual do curso concluído) dos alunos - foi aplicado em outra turma de Pesquisa Operacional, no semestre de 2008/B, cujos resultados são descritos a seguir.

---

[27] Você tem algum conhecimento do *software graphmatica,* projeto Gauss ou LINDO?
[28] Aluno do semestre 2008 A.

5.2 OS RESULTADOS DO PRÉ-TESTE (VERSÃO 2008/B)

No início do semestre B de 2008, estavam matriculados na disciplina de Pesquisa Operacional 101 alunos – 52 estudando às terças-feiras à noite e 49 às quintas-feiras. Deste total, 10 cancelaram sua matrícula e 3 desistiram antes do final do semestre. Ainda frequentaram a disciplina 16 alunos de outros cursos como Engenharia da Produção, Sistemas de Informações e Curso Superior de Gestão Logística e Operações e 14 alunos que não completaram todas as atividades propostas para esta pesquisa. Desta forma, a amostra para este estudo constituiu-se de 58 sujeitos, cujas características são descritas no item a seguir.

5.2.1 Caracterização da amostra

O curso de Administração do Centro Universitário UNIVATES contempla 5 linhas de formação específica. Da amostra de 58 alunos do curso de Administração deste estudo, 45% foram da linha Administração de Empresas, 8% optaram por Análise de Sistemas, 28% por Comércio Exterior e 19% por Negócios Agroindustriais, sendo 43% do grupo do sexo feminino e 57% do sexo masculino. As idades variaram de 18 a 48 anos, e média em torno de 25 anos. Todos os sujeitos participantes da pesquisa eram alunos-trabalhadores e atuavam nos ramos bancário, financeiro, administrativo em geral, logística, vendas, compras**.** No setor primário, mais especificamente em agronegócios, eram funcionários da indústria ou do comércio ou de outros setores. O tempo de serviço nas empresas em que atuavam profissionalmente variava de menos de 1 até mais de 30 anos, caracterizando-se como um grupo de discentes onde uns possuíam muita experiência e outros recém haviam ingressado no mercado de trabalho. Quanto ao percentual de disciplinas concluídas, a maioria dos alunos já havia completado mais de 70% do curso.

A seguir, descrevem-se, em detalhes, os resultados de cada uma das questões do pré-teste desenvolvido no semestre 2008/B.

5.2.2 Resultados da questão número 1

A pergunta teve como objetivo observar a existência dos subsunçores relacionados à regra de três simples, diretamente proporcional. Elaborada a partir de uma situação-problema do cotidiano do grupo de alunos, está descrita a seguir:

Questão 1 – Se três camisetas iguais fornecem um lucro de R$ R$ 63,00, quanto de lucro fornecerão 10 iguais às primeiras? Como você pensou para chegar a esta resposta?

Tabela 2 – Avaliação da questão número 1

Total de questões corretas	57
Total de questões incorretas	1
Total	58

Fonte: Elaborada pela autora

Do grupo de 58 alunos presentes do curso de Administração no primeiro dia de aula, apenas 1 aluno não compreendeu a questão, resolvendo-a inadequadamente. Os demais alunos responderam à pergunta de diferentes formas: 10 por regra de três; 44 por redução à unidade; 2 usando as duas formas e 1 aluno, uma forma mista, redução à unidade com proporcionalidade. Novamente, neste pré-teste, a maioria dos alunos utilizou-se da aritmética para encontrar a solução e cerca de 17% dos alunos resolveram por meio do algoritmo da regra de três, corroborando os resultados do semestre anterior[29].

Os resultados obtidos a partir das observações levam a inferir que os alunos do curso de Administração do semestre 2008 B tinham os subsunçores necessários para resolver situações-problema envolvendo conceitos de proporcionalidade. Em algumas falas, pôde-se notar a convicção na resposta, como a do aluno 21[30]: “As 10 camisetas apresentarão um lucro de 210,00. Utilizei duas formas para me certificar: 1º regra de três; 2ª divisão do valor total pela quantidade para descobrir o valor unitário e após a multiplicação do valor unitário pela quantidade total (10)”.

[29] A tabulação completa dos dados encontra-se na TABELA 13, ANEXO III.
[30] Todos os alunos do semestre 2008 B serão identificados apenas por um número para manter o anonimato. Assim ter-se-á 58 alunos: do aluno 1 ao aluno 58.

5.2.3 Resultados da questão número 2

O objetivo desta questão era reconhecer proporcionalidades diretamente proporcionais. Elaborada a partir de uma situação-problema simples, exigiu estabelecimento de um critério de escolha. O enunciado foi o seguinte:

Questão 2 – Um fabricante produz e vende dois artigos: A e B. Na venda do artigo A, obtém um lucro de R$ 180,00 e na do artigo B R$ 300,00. Levando em consideração apenas que, para produzir o artigo A, ele leva duas e o B, três horas, estabeleça um critério para dizer qual dos produtos é o mais lucrativo para o fabricante. Como você pensou para chegar a esta resposta?

Tabela 3 – Avaliação da questão número 2

Total de questões corretas	51
Total de questões incorretas	6
Total de parcialmente corretas	1
Total	58

Fonte: Elaborada pela autora

Esta questão teve um percentual muito significativo de acertos, ou seja, em torno de 88%. Os alunos utilizaram-se mais uma vez da aritmética em detrimento da álgebra[31]. Como critério de escolha para saber qual produto é o mais lucrativo, alguns optaram pelo cálculo do lucro por hora; outros também mensuraram o lucro em 3 horas, em 6 horas, em 8 horas, em 12 horas, em 24 horas ou ainda em 44 horas semanais como no quadro apresentado pelo aluno 14:

Quadro 1 – Comparação entre lucratividade dos produtos A e B

Produto	Lucro	Tempo de produção	Volume diário (8h)	Volume/Lucro
A	180	2	4	720
B	300	3	2,67	800

Fonte: Elaborado pela autora a partir da representação do aluno 14

"O mais lucrativo é o produto B."

Pôde-se observar, ainda, por meio dos critérios de escolha, a inferência da realidade do cotidiano dos alunos-trabalhadores, como na fala do aluno 4: "O

[31] A tabulação completa dos dados encontra-se na TABELA 14, ANEXO III.

produto B é mais lucrativo, pois em **um dia de serviço** [grifo da autora] se produz menos mercadorias B e mesmo assim o lucro é maior do que o produto A".

As próximas questões - números 3, 4, 5 e 6 - exigiam conhecimentos algébricos ou geométricos para obter o resultado, embora, em alguns casos, a aritmética pudesse auxiliar na obtenção da resposta.

5.2.4 Resultados da questão número 3

O propósito desta questão foi o de observar a representação algébrica de uma inequação e desta forma verificar a presença ou não destes subsunçores. Perguntou-se aos alunos:

Questão 3 - Uma pequena fábrica de móveis produz dois modelos de molduras ornamentais. Ela possui 7 peças de madeira e dispõe de 30 horas de trabalho para confeccionar os dois modelos, sendo que o modelo A requer 2 peças de madeira e 5 horas de trabalho, enquanto o modelo B necessita de 1 peça de madeira e 7 horas de trabalho. Represente a situação acima algebricamente através de inequações. Como você pensou para chegar a esta resposta?

Tabela 4 – Avaliação da questão número 3

Total de questões corretas	1
Total de questões incorretas	18
Total de questões não feitas	39
Total	58

Fonte: Elaborada pela autora

A partir dos resultados expressos pelos alunos nesta questão[32], pode-se inferir que os mesmos parecem não apresentar os subsunçores relacionados à capacidade de representação de inequações a partir de uma situação-problema. Justifica-se esta asseveração, haja vista que quase 70% dos alunos não responderam à questão, afirmando que não sabiam ou não lembravam mais como encontrar a resposta. Em torno de 30% dos alunos tentaram expressar a situação-problema; no entanto, não foram bem sucedidos, cometendo equívocos,

[32] A tabulação completa dos dados encontra-se na TABELA 15, ANEXO III.

principalmente tentando usar novamente a aritmética. Percebe-se, ainda, a busca e a representação dos dados do problema, sem conseguir estabelecer relações entre os mesmos. Do grupo de 58 alunos, apenas 1 obteve sucesso na escrita das inequações.

5.2.5 Resultados da questão número 4

Esta questão teve por princípio observar a existência do subsunçor representação geométrica de equação através de um gráfico. A pergunta elaborada foi:

Questão 4 – Represente através de um gráfico a inequação $x + y \geq 5$. Como você pensou para chegar a esta resposta?

Tabela 5 – Avaliação da questão número 4

Total de questões corretas	0
Total de questões incorretas	15
Total de questões não feitas	35
Total de questões parcialmente corretas	8
Total	58

Fonte: Elaborada pela autora

Observando os dados desta questão, percebe-se que a maioria do grupo, cerca de 60%, não respondeu à questão, afirmando não se lembrar ou não saber a representação gráfica de uma inequação. Entre os que a expressaram, há compreensão de que isso se dá num plano cartesiano, que tem relação com um par de números (coordenadas). No entanto, grande parte deste grupo não representou a inequação de forma correta, conforme pode ser observado na representação do aluno 6:

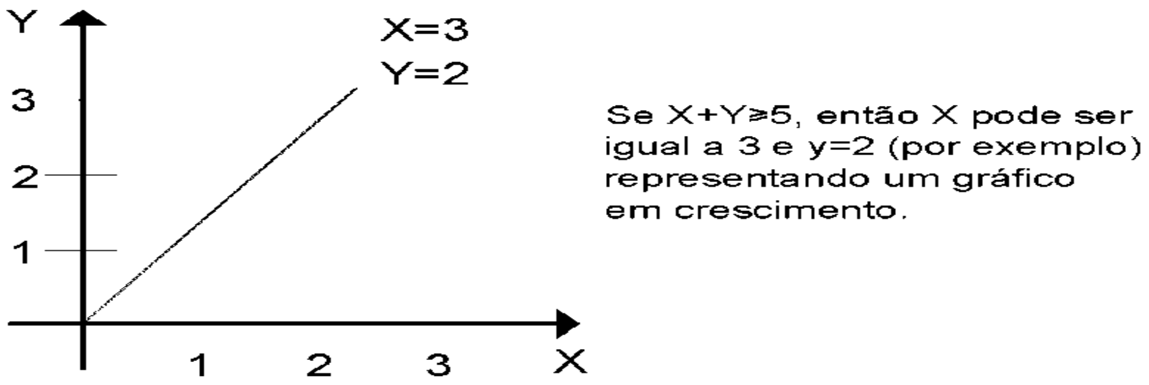


Figura 28 – Representação da inequação

Fonte: Aluno 6

Nenhum aluno representou corretamente a inequação, o que leva a inferir que o grupo de alunos do semestre 2008/B da disciplina de Pesquisa Operacional não apresentou os subsunçores relacionados à capacidade para representar geometricamente uma inequação[33].

5.2.6 Resultados da questão número 5

Esta questão visou a observar a capacidade de resolução de um sistema de equações com duas incógnitas e determinado. A pergunta elaborada foi:

Questão 5 - Uma refinaria de petróleo processa dois tipos de petróleo: com alto teor de enxofre e com baixo teor de enxofre. Cada tonelada de petróleo com baixo teor exige 5 minutos na unidade de mistura e 4 minutos na refinação; cada tonelada de alto teor exige 4 minutos de mistura e 2 minutos de refinação. Se a unidade de mistura está disponível durante 3 horas, e a refinaria durante 2 horas, quantas toneladas de cada tipo de óleo deveriam ser processadas para que as duas unidades sejam completamente utilizadas? Como você pensou para chegar a esta resposta?

[33] A tabulação completa dos dados encontra-se na TABELA 16, ANEXO III.

Tabela 6 – Avaliação da questão número 5

Total de questões corretas	12
Total de questões incorretas	19
Total de questões parcialmente corretas	1
Total de questões não feitas	26
Total	58

Fonte: Elaborada pela autora

O percentual de acertos desta questão foi de 20%, sendo que a maioria dos alunos utilizou a aritmética para encontrar a resposta correta. As questões incorretas e não resolvidas totalizam quase 78%, o que leva a inferir a mesma conclusão em relação à questão anterior: os subsunçores relacionados à capacidade de resolver um sistema de equações com duas equações e duas incógnitas, possível e determinado, não estavam presentes nos alunos do curso de Administração do semestre 2008/B[34].

5.2.7 Resultados da questão número 6

O objetivo desta questão foi vislumbrar se os alunos saberiam resolver uma situação-problema simples – um problema de programação linear com duas variáveis e duas restrições, mesmo sem estudos prévios em outras disciplinas. A pergunta proposta foi:

Questão 6 - Um fabricante de jóias fabrica brincos e colares. Ele tem um lucro de R$ 4500,00 em cada brinco e R$ 8000,00 em cada colar vendido. Supõe-se que devido à forte demanda desses itens, consegue-se vender toda a produção da fábrica. Mas, a produção da firma é limitada em dois aspectos: em cada brinco, utilizam-se 5 unidades de ouro. Da mesma forma, cada colar produzido utiliza 20 unidades de ouro. Dispomos de um total de 400 unidades de ouro. Cada brinco produzido gasta 10 homens-hora e cada colar gasta 15 homens-hora. Dispomos de um total de 450 homens-hora. O objetivo do fabricante é descobrir qual a quantidade de brincos e colares a serem fabricados, de tal modo que o lucro total seja o maior possível. Nesse caso, quantos brincos e colares o fabricante deverá fazer para obter

[34] A tabulação completa dos dados encontra-se na TABELA 17, ANEXO III.

o lucro máximo dentro das condições citadas acima? Como você pensou para chegar a esta resposta?

Tabela 7 – Avaliação da questão número 6

Total de questões corretas	5
Total de questões incorretas	20
Total de questões não feitas	33
Total	58

Fonte: Elaborada pela autora

Entre os alunos que acertaram a questão, a preocupação foi a de usar toda matéria-prima e toda a mão-de-obra, sem posteriormente refletir se de fato esta máxima utilização também forneceria o maior lucro. Nenhum dos alunos calculou o lucro que tal produção traria e ninguém escreveu o modelo matemático de programação linear. Percebeu-se que os alunos obtiveram a resposta por tentativa e erro, o que se evidencia na fala do aluno 15:

> Para obter um lucro máximo o fabricante terá que fazer 24 brincos e 14 colares, assim ele otimizará a utilização dos seus insumos e matéria-prima e alcançará o lucro desejado. Mais uma vez utilizei [...] cálculos de tentativa para chegar a estes valores, não tenho certeza se está correto, sei que há um outro modo de se calcular, mas no momento não me recordo.

Mais de 90% do grupo não resolveu ou resolveu de forma incorreta a questão, o que leva novamente a inferir que os subsunçores relacionados à capacidade de escrever e resolver um problema de programação linear não estavam presentes no grupo de alunos do curso de Administração do segundo semestre de 2008 e, portanto, tornou-se necessária a utilização do mecanismo pedagógico organizadores avançados[35].

O propósito da questão número 7 diferenciou um pouco das demais por referir-se à capacidade de operar com recursos tecnológicos, mais especificamente *softwares*, conforme apontado a seguir.

[35] A tabulação completa dos dados encontra-se na TABELA 18, ANEXO III.

5.2.8 Resultados da questão número 7

O objetivo desta questão foi o de visualizar se o grupo de alunos apresentava os subsunçores para operar com os *softwares graphmatica*, projeto Gauss e LINDO, os quais se avaliam como sendo necessários para auxiliar nas resoluções de problemas de programação linear. A pergunta foi:

Questão 7 – Você tem algum conhecimento do *software* graphmatica, projeto Gauss ou LINDO? Que tipo de operação matemática eles conseguem calcular?

Tabela 8 – Avaliação da questão número 7

Número de alunos com algum conhecimento destes *softwares*	9
Número de alunos sem nenhum conhecimento destes *softwares*	49
Total	58

Fonte: Elaborada pela autora

Os alunos afirmaram não conhecer os *softwares* projeto Gauss e LINDO. Quanto ao *software graphmatica*, alguns alunos mencionaram que já operaram com ele; outros não lembravam mais como usá-lo, e a maioria dos alunos citou que nunca executou o referido aplicativo[36].

Com base nas afirmações dos alunos, julgou-se não haver subsunçores para operar com os referidos *softwares.* Por isso, tornou-se necessário privilegiar atividades por meio das quais os alunos pudessem adquirir os subsunçores, fato este que ocorreu através da aprendizagem por recepção. A forma de operação/manipulação com os *softwares* foi a propositiva substantiva, onde o aluno precisa apenas compreender e lembrar, de acordo com Ausubel (2003).

5.2.9 Análise geral das questões do pré-teste 2008 A e 2008 B

No quadro resumo a seguir, encontram-se as habilidades observadas, bem como uma interpretação dos resultados obtidos pelos alunos.

[36] A tabulação completa dos dados encontra-se na TABELA 19, ANEXO III.

Quadro 2 – Resumo dos percentuais nos pré-testes

Questões	Habilidade observada	Percentuais de acertos dos alunos		
		Semestre 2008 A	Semestre 2008 B	Subsunçor
1	Resolver uma regra de três simples diretamente proporcional.	100%	98%	Presente
2	Reconhecer proporcionalidades diretamente proporcionais.	95%	88%	Presente
3	Representar algebricamente uma inequação.	10% parcialmente correto	2%	Ausente
4	Representar graficamente uma inequação.	5%	14% parcialmente correto	Ausente
5	Resolver um sistema de equações com duas incógnitas e determinado.	10%	21%	Ausente
6	Resolver um problema de programação linear com duas variáveis e duas restrições.	5%	9%	Ausente
7	Operar com os *softwares graphmatica*, projeto Gauss e LINDO.	5% conhecem algum deles	16% conhecem ou ouviram falar	Ausente

Fonte: Elaborado pela autora

Face aos resultados obtidos, fez-se necessária a utilização de organizadores avançados para auxiliar na aquisição dos conhecimentos e assim estabelecer relações entre aquilo que o aluno já sabia e o que deveria saber nas habilidades ausentes no grupo de alunos.

As habilidades anteriormente elencadas e ausentes foram desenvolvidas mediante exercícios de revisão. Os alunos precisavam também ter a capacidade de operar com o *software* LINDO. A resolução de situações-problema simples com duas variáveis e duas restrições também serviu de subsídio para iniciar o processo de modelagem de situações-problema de programação linear. Nesta pesquisa, o conjunto de atividades foi compreendido como organizadores avançados e foi desenvolvido antes do início da pesquisa propriamente dita. Faz-se presente no ANEXO IV.

Após estudos, aplicou-se o pós-teste para avaliar se este mecanismo pedagógico, assim definido por Ausubel (2003), estava adequado aos seus propósitos. Os resultados são descritos a seguir, incluindo as questões utilizadas no pós-teste, bem como a análise das respostas dos alunos.

5.3 OS RESULTADOS DO PÓS-TESTE (2008/B)

O pós-teste (ANEXO V) foi aplicado, conforme citado anteriormente, após discussões acerca da resolução de sistemas de equações com duas equações e duas incógnitas, possível e determinado e da representação algébrica e geométrica de equações e inequações. Ocorreu no final do mês de agosto, conforme previsto no cronograma. Para evitar a cópia das respostas, em cada uma das turmas foram aplicados quatro instrumentos diferentes, totalizando oito[37]. Responderam o teste 73 alunos. Nesta pesquisa, foram avaliadas novamente apenas as 58 respostas dos alunos que haviam realizado o pré-teste, por entender-se que a comparação seria mais adequada. Este número (73) difere do número de respondentes do pré-teste, haja vista que no primeiro dia de aula – no qual foi realizado o pré-teste -, nem todos os alunos se fizeram presentes e ocorreram matrículas posteriores à data de início do semestre.

A seguir, descrevem-se as questões do pós-teste, bem como a análise destas.

5.3.1 Resultados da questão número 1

A questão número 1 do pós-teste teve como objetivo verificar a existência dos subsunçores relacionados à capacidade de resolver um sistema de equações com duas incógnitas, possível e determinado.

Tabela 9 – Avaliação da questão número 1

Total de questões corretas	46
Total de questões incorretas	7
Total de questões parcialmente corretas	1
Total de questões não feitas/não finalizadas	4
Total	58

Fonte: Elaborada pela autora

Analisando-se as respostas, é possível observar que cerca de 80% do grupo soube representar e resolver o sistema de equações, tendo a maioria utilizado o

[37] No anexo V, encontram-se um dos oito instrumentos, bem como as questões por categoria.

método da adição[38]; outros empregaram o método da substituição[39] e ainda houve os que resolveram por meio da aritmética. Entre os equívocos que cometeram está a representação algébrica inadequada de uma ou mais equações[40].

Conforme proposta da tese, caso o grupo atingisse 70% de acertos, compreender-se-ia que a maioria do grupo apresentou os subsunçores relacionados à capacidade de resolver um sistema de equações com duas incógnitas, possível e determinado. Assim, entendeu-se que os subsunçores relacionados à capacidade de representar e resolver o sistema de equações estavam presentes na maioria do grupo de alunos do curso de Administração da disciplina de Pesquisa Operacional do semestre 2008/B.

5.3.2 Resultados da questão número 2

Esta questão teve como objetivo observar a capacidade de representação gráfica de uma inequação.

Tabela 10 – Avaliação da questão número 2

Total de questões corretas	55
Total de questões incorretas	2
Total de questões parcialmente corretas	1
Total	58

Fonte: Elaborada pela autora

Um grupo muito significativo, quase 95% dos alunos, alcançou o objetivo. Quanto aos erros cometidos, a maioria tem relação com a desigualdade, podendo-se inferir que estes alunos apresentavam dificuldade na compreensão do significado dos símbolos $\leq$ (menor ou igual a) e $\geq$ (maior ou igual a)[41].

[38] Método pelo qual se multiplica uma das equações por um determinado valor de tal forma que as duas equações tenham coeficientes de uma mesma incógnita opostos. Ao somar os termos equivalentes, uma das incógnitas é anulada, podendo-se encontrar o valor da outra.
[39] Método pelo qual se isola uma das incógnitas numa das equações e substitui na outra. Assim, pode-se encontrar o valor da outra incógnita.
[40] A tabulação completa dos dados encontra-se na TABELA 20, ANEXO IV.
[41] A tabulação completa dos dados encontra-se na TABELA 21, ANEXO IV.

Face aos resultados alcançados, entendeu-se que os subsunçores relacionados à capacidade de representação gráfica de uma inequação estavam presentes na maioria do grupo de alunos do curso de Administração da disciplina de Pesquisa Operacional do semestre 2008/B.

5.3.3 Resultados da questão número 3

O objetivo desta questão foi o de avaliar a capacidade de representação algébrica de uma inequação.

Tabela 11 – Avaliação da questão número 3

Total de questões corretas	30
Total de questões incorretas	7
Total de questões parcialmente corretas	21
Total	58

Fonte: Elaborada pela autora

Esta questão apresentou um percentual de acertos um pouco abaixo do estabelecido, que era de 70%. No entanto, os equívocos encontrados foram, em sua maioria, a falta de conversão de horas para minutos ou representação incorreta de uma das inequações. Se forem considerados o percentual de questões corretas e o de parcialmente corretas, este índice sobe para mais de 80%[42]. Entendeu-se que os subsunçores relacionados à capacidade de representar algebricamente foram adquiridos pela maioria do grupo.

5.3.4 Análise geral das questões do pós-teste

Face aos resultados obtidos, acredita-se que a utilização de organizadores avançados para auxiliar na aquisição dos conhecimentos e assim estabelecer relações entre aquilo que o aluno já sabia e o que deveria saber nas habilidades capacidade de representar algebricamente uma inequação; capacidade de representar graficamente uma inequação; capacidade de resolver um sistema de

[42] A tabulação completa dos dados encontra-se na TABELA 22, ANEXO IV.

equações com duas incógnitas, possível e determinado foi adequada. O quadro abaixo contempla os novos percentuais de acertos e corrobora com esta afirmação.

Quadro 3 – Resumo dos percentuais nos pós-testes

Questões	Habilidade observada	Percentual de acertos	Subsunçor
1	Resolver um sistema de equações com duas incógnitas e determinado.	80%	Presente
2	Representar graficamente uma inequação.	95%	Presente
3	Representar algebricamente uma inequação	52% corretos e 36% parcialmente corretos	Presente

Fonte: Elaborado pela autora

Cabe frisar que inicialmente um percentual significativo de alunos não tinha os subsunçores abrangentes - específicos para representar uma inequação algebricamente e graficamente ou resolver um sistema de equações de duas incógnitas. Os materiais de análise não permitem saber se subsunçores menos gerais e abrangentes existiam. No entanto, pelos resultados obtidos por meio dos organizadores avançados e pelo pós-teste, é possível considerar tal hipótese. Para confirmar tal afirmação, novo estudo torna-se necessário.

A capacidade de operar com os *softwares graphmatica,* projeto Gauss e LINDO também foi contemplada por meio de demonstrações e exercícios em laboratório de informática da Instituição com o uso de equipamentos como *datashow*[43]. Diante dos resultados, entendeu-se que o grupo de alunos do curso de Administração que cursa a disciplina de Pesquisa Operacional apresentou o conjunto de subsunçores necessários para iniciar a modelagem de situações-problema de programação linear.

5.4 OS MAPAS CONCEITUAIS INICIAIS

Os mapas conceituais iniciais acerca do conceito *modelo matemático* dos 58 alunos da amostra do curso de Administração foram elaborados no início do mês de setembro, conforme cronograma estabelecido. Os discentes não tinham experiência na representação de mapas, tampouco conheciam sua finalidade. Por esta razão, foi

[43] No laboratório de informática utilizado na UNIVATES na disciplina de Pesquisa Operacional, este equipamento está sempre disponível nas aulas.

elaborado com os mesmos um mapa conceitual colocando-se como conceito central bola, por ser um tema sobre o qual todos os alunos tinham conceitos formados. A partir deste exemplo, os alunos foram desafiados a elaborar um mapa conceitual versando sobre modelo matemático. A orientação dada aos alunos para a construção do mapa, de acordo com Dutra et al (2006b), estava embasada em duas regras simples. A primeira era que deveria sempre ter um verbo na ligação entre as duas palavras-chave (conceitos) e a segunda, que o conjunto conceito(um)-verbo-conceito(dois) formasse uma sentença completa, com sentido.

O tipo de mapa conceitual utilizado pela maioria dos alunos, segundo Tavares (2007), foi o teia de aranha, visto que, a partir do tema gerador - modelo matemático -, os demais conceitos irradiaram à medida que se afastavam do centro. Nestes mapas, não há preocupação com as relações hierárquicas ou transversais, diferentemente do que sugerem Moreira e Masini (1982). Um exemplo deste tipo pode ser visualizado no mapa do aluno 15.

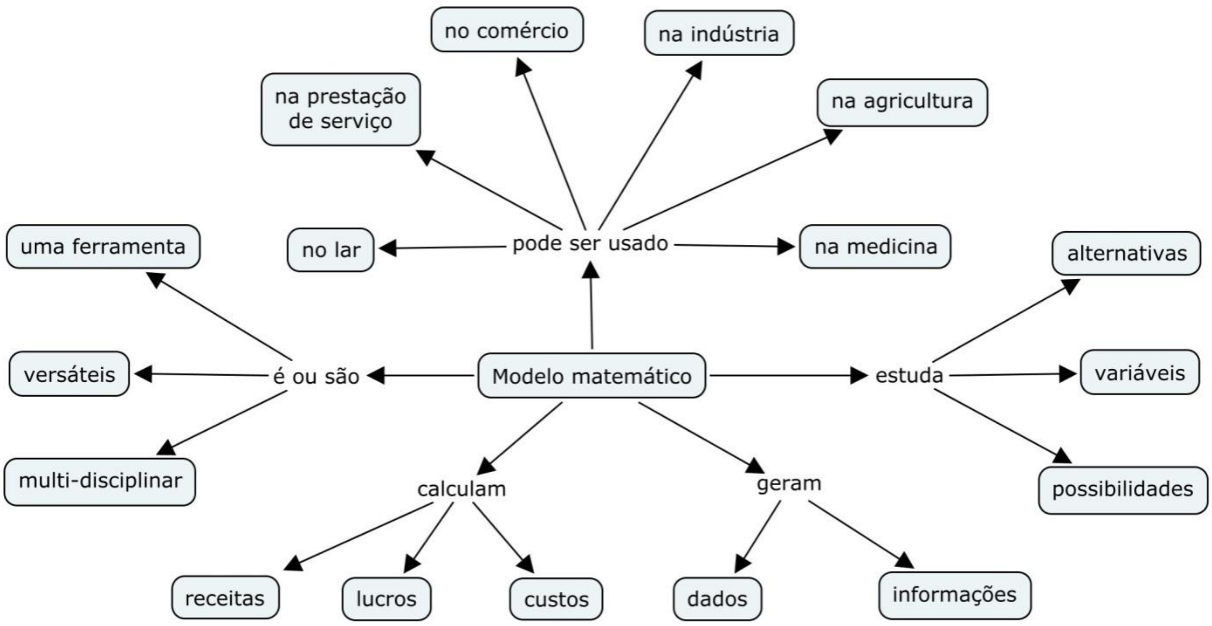


Figura 29 – Mapa conceitual do aluno 15

Fonte: Aluno 15

Outros alunos representaram mapas como um fluxograma, nos quais “as informações estão organizadas de uma maneira lógica e sequencial” (Tavares, 2007, p. 75), conforme pode ser visto no mapa do aluno 9, a seguir:

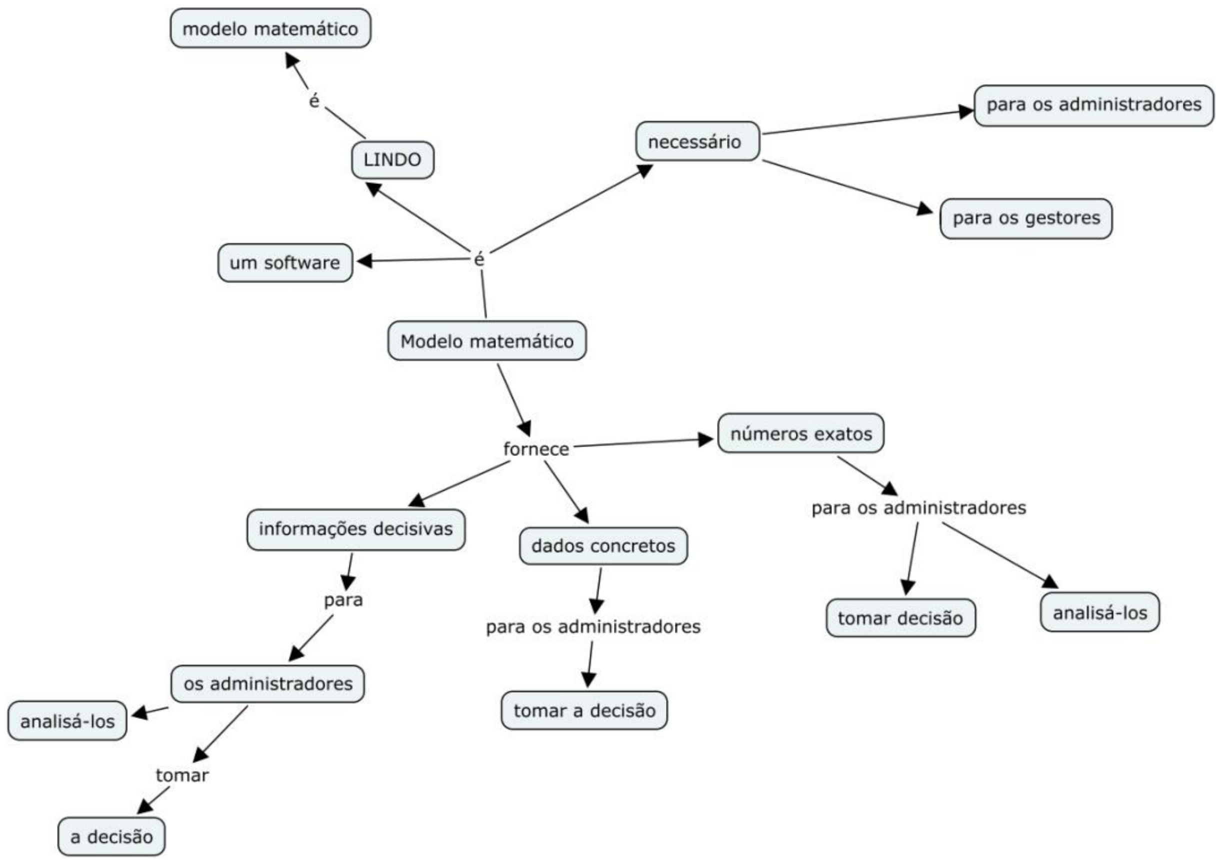


Figura 30 – Mapa conceitual do aluno 9

Fonte: Aluno 9

Analisando-se os mapas dos alunos 55 e 36, percebem-se poucos conceitos e poucas relações com o conceito central. À luz da teoria de Ausubel (2003), tal fato parece estar relacionado com a organização da estrutura cognitiva dos alunos, na qual o conceito modelo matemático ainda não está claro, estável e os elementos ainda não foram diferenciados.

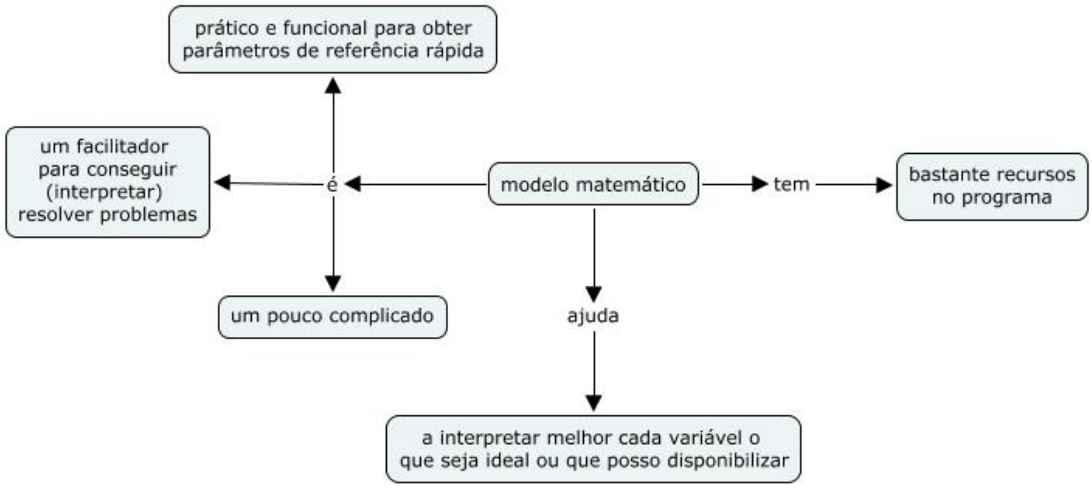


Figura 31 – Mapa conceitual do aluno 36

Fonte: Aluno 36

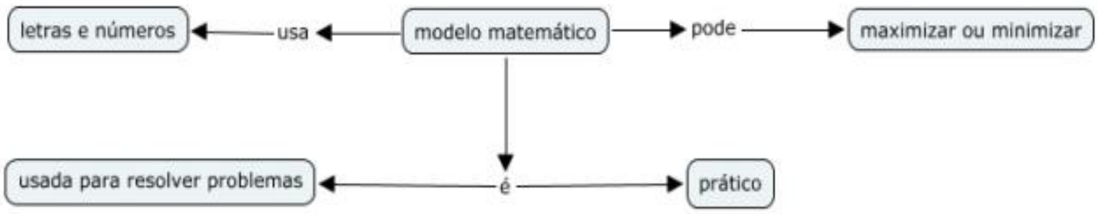


Figura 32 – Mapa conceitual do aluno 55

Fonte: Aluno 55

Em contrapartida, observando o mapa conceitual do aluno 34, pode-se visualizar uma quantidade significativa de conceitos e proposições relacionados com o conceito central modelo matemático. Também apresenta, de acordo com Moreira (1987), hierarquias conceituais, mostrando conceitos específicos, pouco inclusivos e exemplos**,** principalmente quando se refere aos tipos de *softwares* utilizados para resolver modelos matemáticos. Essa hierarquia pode ser observada no mapa quando o aluno 34 afirma que um modelo matemático tem função objetivo e esta, por sua vez, visa ao lucro máximo ou ao custo mínimo.

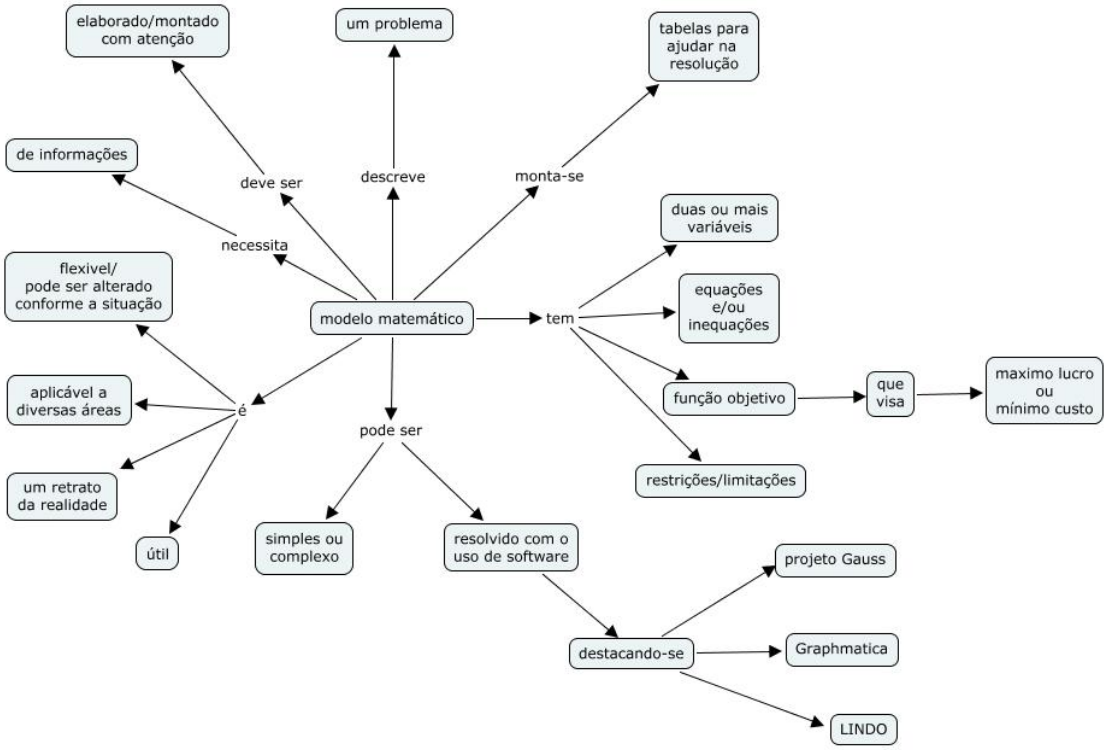


Figura 33 – Mapa conceitual do aluno 34

Fonte: Aluno 34

Com relação às concepções teóricas acerca do conceito modelo matemático, alguns alunos afirmaram: “Modelo matemático é uma representação simplificada da realidade” (Aluno 6; Aluno 7). “Modelo matemático é visão de parte do todo” (Aluno 14); “modelo matemático interpreta a realidade” (Aluno 25); “modelo matemático é abstração de ideia; é fragmento de sistema” (Aluno 27). Cabe salientar que estas concepções estão em consonância com os conceitos de Bassanezi (2002), Goldbarg (2000), Gazzeta (1989), Pidd (1998), apresentados no capítulo Pesquisa operacional e modelagem matemática.

Em outros mapas conceituais, há concepções que corroboram a compreensão acerca do conceito modelo matemático de Granger (1969), Biembengut (2003), Warwick (2007) e Bassanezi (2002) e têm relação com a arte, imaginação: “Modelo matemático permite usar a criatividade” (Aluno 53); “modelo matemático instiga imaginação, senso crítico e análise de dados” (Aluno 57).

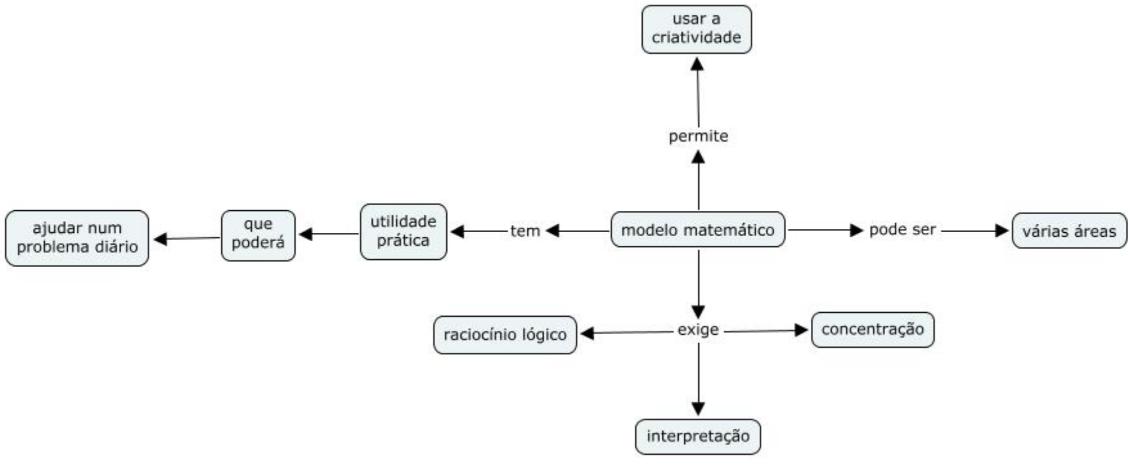


Figura 34 – Mapa conceitual do aluno 53

Fonte: Aluno 53

Quanto à representação de um modelo matemático, observam-se falas que corroboram as afirmações de autores como Bassanezi (2002), Biembengut (1997): “modelo matemático tem incógnitas, números [...]” (Aluno 30); “modelo matemático deve ter duas ou mais variáveis” (Aluno 32); “modelo matemático é uma relação de fórmulas e números” (Aluno 33); “modelos matemáticos têm números, sinais, letras” (Aluno 40); “modelo matemático é um arranjo de números e letras” (Aluno 41); “modelo matemático tem retas, gráficos, números e letras, equações e funções” (Aluno 17).

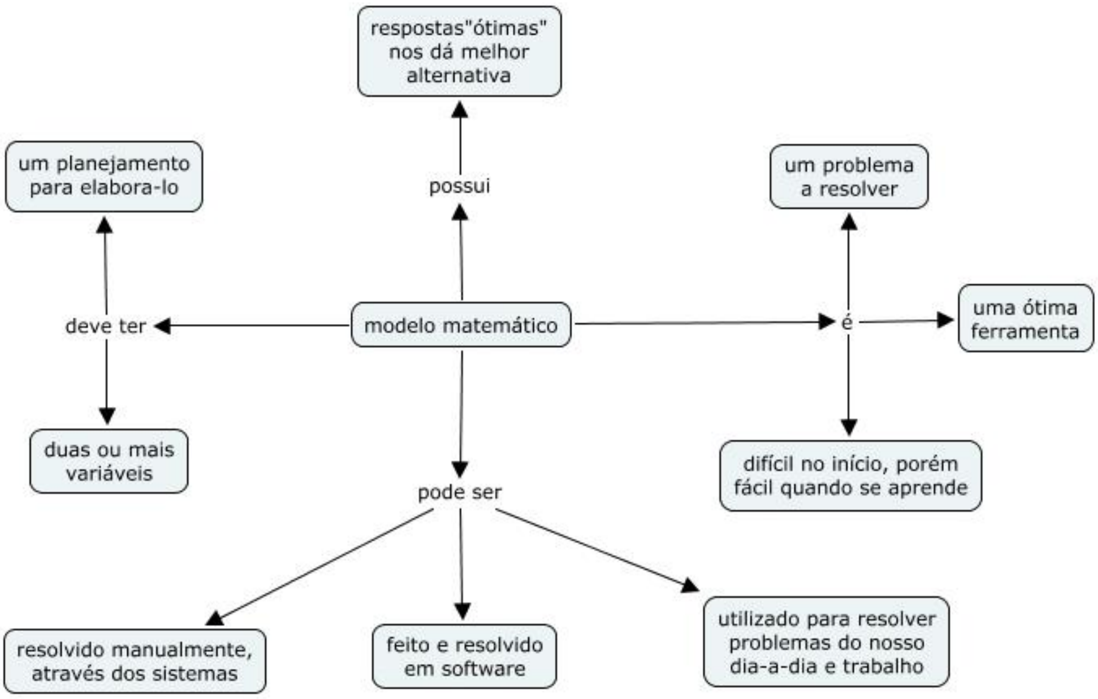


Figura 35 – Mapa conceitual do aluno 32

Fonte: Aluno 32

Em seus mapas conceituais, os alunos também enfatizaram a necessidade de recursos tecnológicos para a resolução de modelos matemáticos, assim como apontam os autores Loesch e Hein (1999), Lachtermacher (2007), Prado (1999) e Caixeta Filho (2004): “Modelo matemático é *software* graphmatica, LINDO, projeto gauss” (Aluno 17); “modelo matemático pode ser calculado através de programas projeto Gauss, LINDO, *graphmatica*” (Aluno 23).

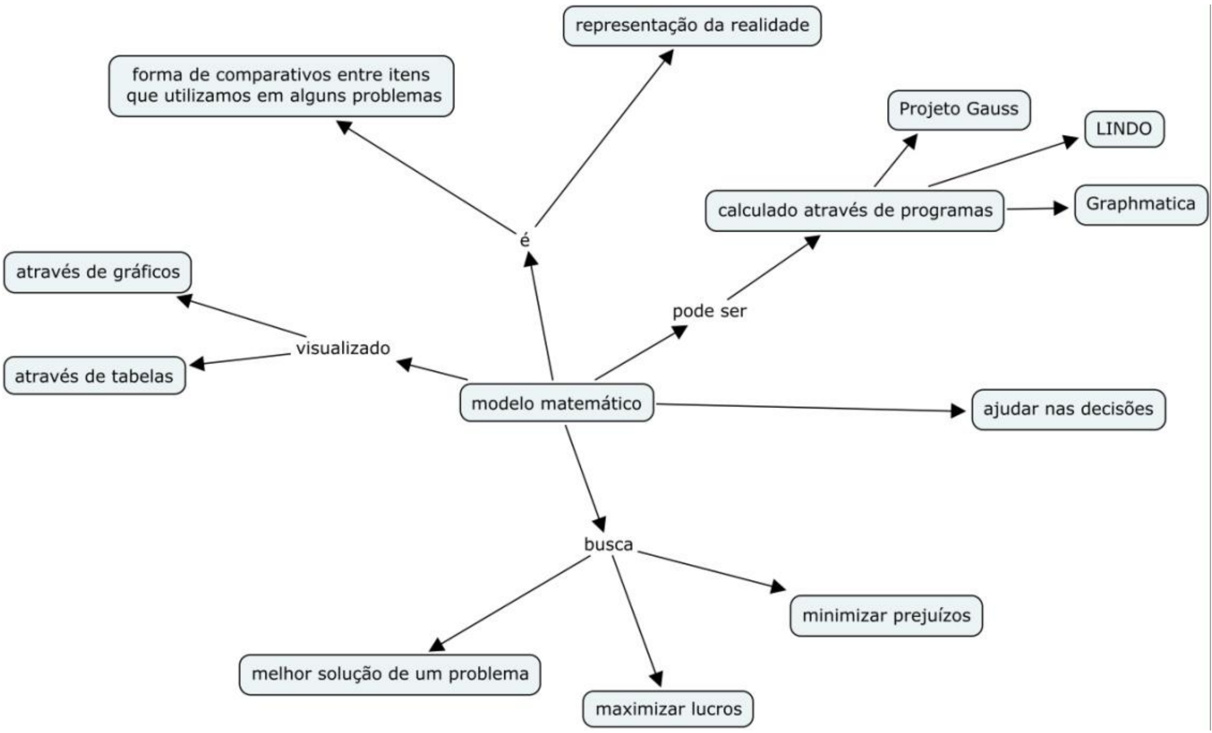


Figura 36 – Mapa conceitual do aluno 23

Fonte: Aluno 23

Quanto à organização e estruturação de um modelo matemático, os alunos comentaram: “modelo matemático pode ser usado em forma de tabelas, gráficos” (Aluno 2); “modelo matemático pode ser visualizado através de gráficos, tabelas” (Aluno 23); “modelo matemático monta-se com tabelas para ajudar na resolução” (Aluno 34). A partir destas afirmações, pode-se inferir, segundo a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003), que alguns alunos parecem estabelecer relações explícitas entre tabelas, gráficos e modelo matemático evidenciando uma interação substantiva entre o novo conhecimento (modelo matemático) e algum subsunçor já existente na estrutura cognitiva (tabela, gráfico).

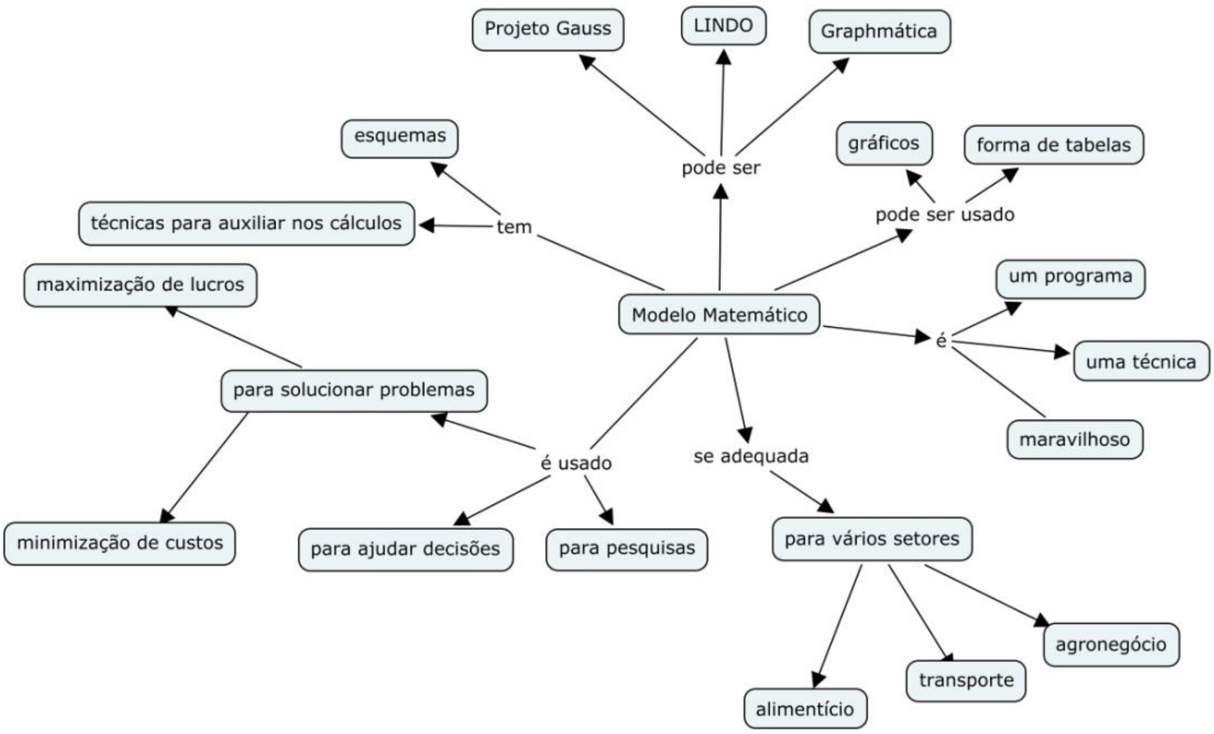


Figura 37 – Mapa conceitual do aluno 2

Fonte: Aluno 2

Com relação aos dados coletados para elaborar o modelo matemático e compreensão/interpretação dos resultados, os alunos evidenciaram em seus mapas conceituais algumas precauções: “modelo matemático precisa ter dados confiáveis, mensurados” (Aluno 19); “modelo matemático deve ser usado com muita cautela, com muito cuidado [...] (Aluno 39); “[...] É preciso concentração e cuidado na elaboração do modelo matemático” (Aluno 42). O aluno 28 também ressaltou a importância da validação: “modelo matemático precisa validar o problema”, no mesmo sentido que Bassanezi (2002) evidencia a importância da validação.

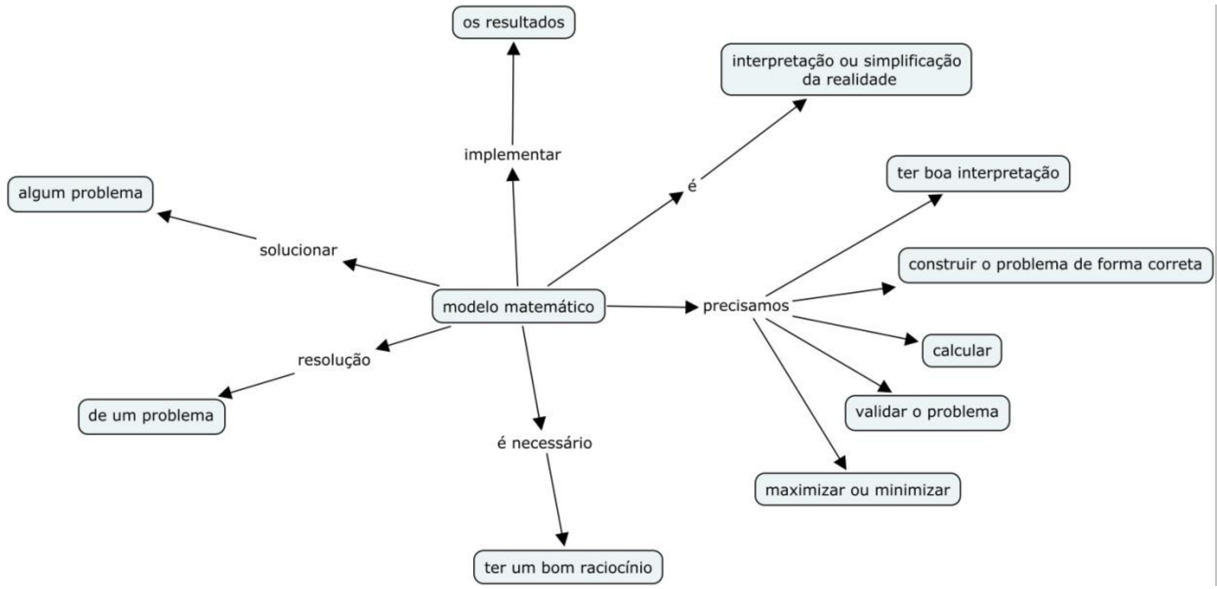


Figura 38 – Mapa conceitual do aluno 28

Fonte: Aluno 28

Nos mapas conceituais dos alunos, ainda podem ser observados indícios da suposta aplicabilidade dos modelos matemáticos, conforme apontam Goldbarg (2000) e Lachtermacher (2007): “modelo matemático auxilia na tomada de decisões, na otimização de processos; é um facilitador, um maximizador de tempo” (Aluno 12); “modelo matemático pode ser usado na medicina, na agricultura, na indústria, no comércio, na prestação de serviços, no lar; é multidisciplinar” (Aluno 15); “modelo matemático auxilia na tomada de decisões, na otimização; otimiza lucros, rentabilidade, investimentos [...]” (Aluno 50). Ainda é perceptível na compreensão dos alunos de que há caráter multidisciplinar: “modelo matemático abrange diversas áreas da ciência” (Aluno 22); “modelo matemático é usado em física, biologia, astronomia, na química, na engenharia, [...]” (Aluno 29).

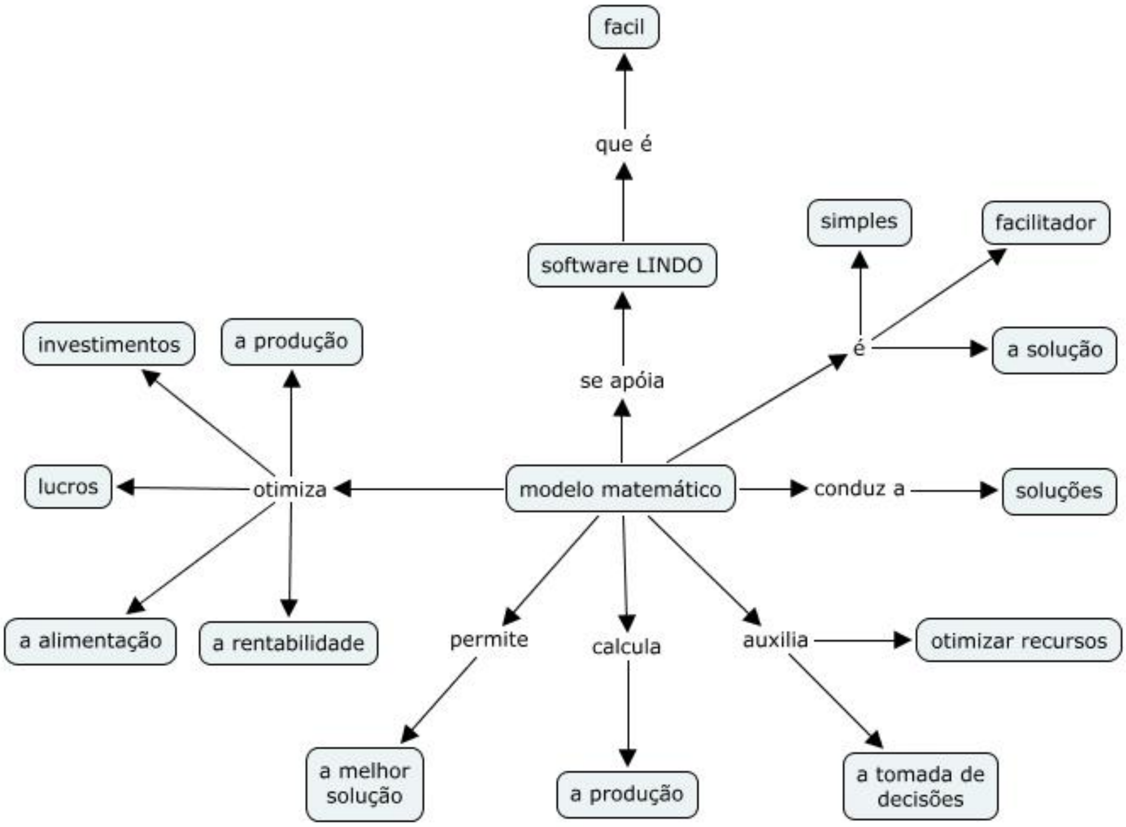


Figura 39 – Mapa conceitual do aluno 50

Fonte: Aluno 50

Na concepção dos alunos 5 e 26, os modelos matemáticos deveriam ser mais utilizados pelas empresas, sendo ainda desconhecidos pelos gestores, conforme pode ser visto nos mapas a seguir.

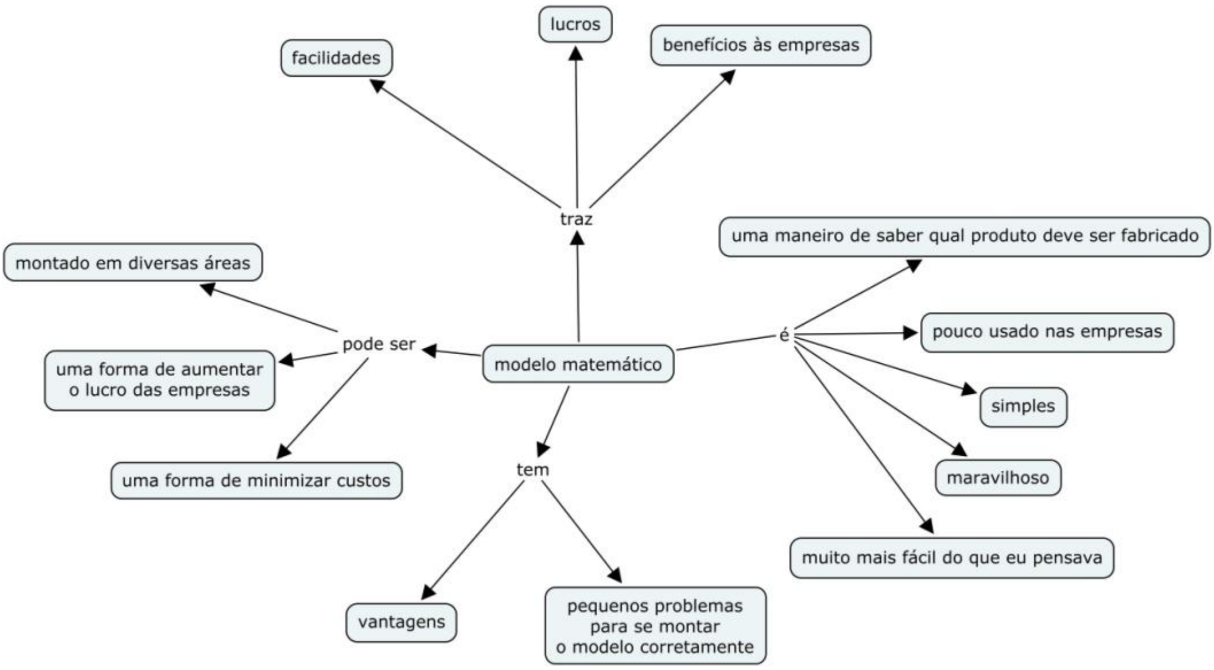


Figura 40 – Mapa conceitual do aluno 5

Fonte: Aluno 5

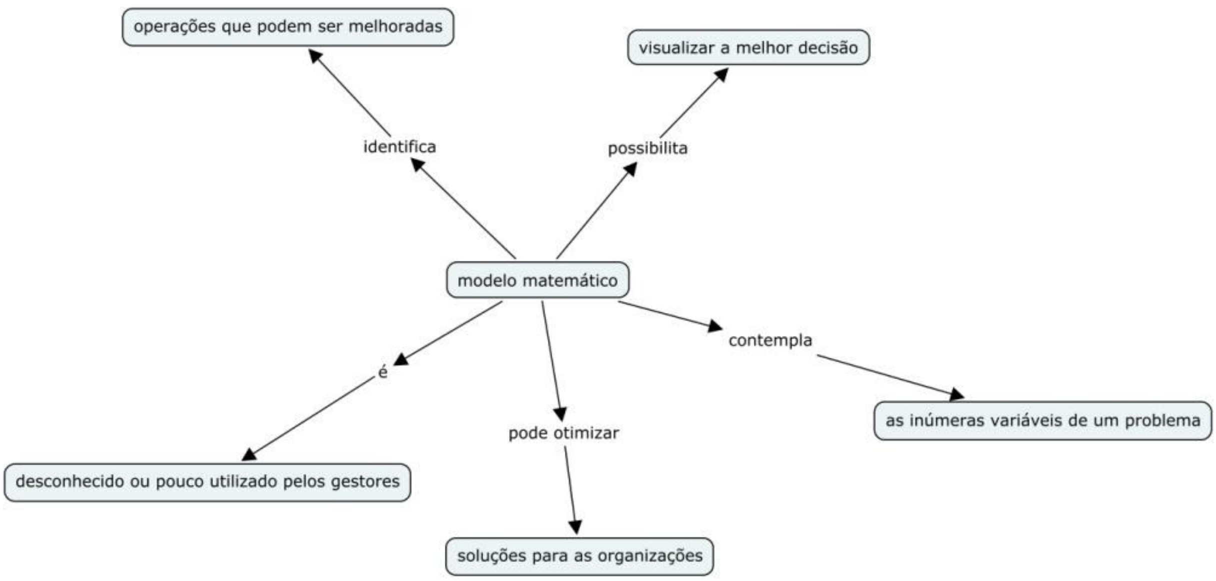


Figura 41 – Mapa conceitual do aluno 26

Fonte: Aluno 26

Analisando-se o conjunto de 58 mapas, é necessário corroborar Moreira (2005) e Tavares (2007) no sentido de que a aprendizagem implica atribuição de significados idiossincráticos e os mapas traçados pelos alunos refletiram tal realidade. De uma forma geral, os mapas iniciais, elaborados na disciplina de

Pesquisa Operacional, apresentaram poucas relações e estruturações de níveis hierárquicos foram quase inexistentes. No entanto, relacionaram conceitos que corroboram as definições encontradas nos fundamentos teóricos. Trazem algumas evidências em relação às exigências profissionais, com ênfase na ideia da tomada de decisão. No item 5.6, estão as comparações com os mapas conceituais finais, objetivando verificar como o significado do conceito se modificou ao longo do tempo, conforme supõe Novak (1988).

5.5 A CONSTRUÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO INICIAL

Os modelos matemáticos iniciais dos alunos do curso de Administração na disciplina de Pesquisa Operacional foram construídos ao longo do mês de setembro, coincidindo seu início com a elaboração do primeiro mapa conceitual conforme cronograma estabelecido. As concepções partiram de alguns problemas que foram resolvidos em sala de aula e integraram o conjunto de organizadores prévios[44], bem como das situações-problema das empresas nas quais os alunos atuavam profissionalmente. Ressalta-se que todos os alunos declararam, no pré-teste, que atuavam profissionalmente.

Inicialmente, o grupo apresentou certa dificuldade em descrever e resolver a situação-problema, o que pode ser comprovado nos excertos de *e-mails* enviados pelos alunos antes de postarem seus trabalhos no ambiente virtual TelEduc: "Eu gostaria de tirar uma dúvida [...] estou tentando fazer o trabalho para quinta, mas não sei se estou usando as variáveis corretamente! Tentei resolver pelo LINDO e não deu certo" (Aluno 6); "mando em anexo o exercício que estou fazendo, tenho dúvida se o que fiz está certo assim, acho que falta algo, mas não consigo continuar [...]" (Aluno 42); "Profeeeeeeeeeee me ajuda, pois estou enlouquecendo com meu próprio problema, já tentei fazer de várias maneiras, mas não está dando [...]" (Aluno 24). Cabe frisar que a busca de informações para elaborar o modelo matemático, a descrição e a solução foram realizadas em horário extraclasse. Os alunos criaram proposições, de forma autônoma, para representar as soluções dos seus problemas, caracterizando-se como uma aprendizagem por descoberta, segundo concepções

[44] Disponível no ANEXO IV.

de Ausubel (2003). O tipo de ambiente no qual ocorreu a modelagem matemática é descrito por Barbosa (2001) como nível 3, visto que, a partir de um tema gerador – a situação-problema empresarial -, os alunos coletaram informações qualitativas quantitativas e passaram a formular e a solucionar o problema. Quanto à obtenção de dados, a maioria das empresas mostrou-se aberta à liberação de dados, como mostra um excerto do aluno 46: "[...] agradeço a colaboração da empresa em identificar possíveis problemas que poderiam estar ocorrendo, sinalizando para que se fosse buscado soluções para os mesmos". Outras impuseram restrições. Na primeira pergunta do questionário (item 5.9), ocorre uma descrição mais detalhada. Acredita-se que a política de liberação de informações por parte das empresas da região seja um aspecto positivo e contribua para a aquisição do perfil desejado dos egressos constante no projeto pedagógico do curso de Administração do Centro Universitário UNIVATES, principalmente com relação aos itens *forte embasamento teórico sobre os temas da administração, com condições de transferir os conhecimentos teóricos para a prática* e *capacidade de trabalhar de forma interdisciplinar e de relacionar a sua área com as demais*.

A percepção da situação-problema inicial, bem como as variáveis e restrições pertinentes, foi uma das dificuldades encontradas pelos alunos, ou seja, houve certa dificuldade de transferir a teoria para a prática, conforme pode ser visto na fala do aluno 37:

> Fiquei bem perdida, pois a empresa em que trabalho, só vende mel então não achei nada aqui. Então usei como modelo uma questão que a prof. deu em aula e pesquisei no mercado dos meus pais a função de fazer os bolos e cucas que eles produzem!

Da mesma forma, apareceram dificuldades na descrição e na estruturação do problema para que ele pudesse ser resolvido com programação linear. Isso mostra, de acordo com a teoria de Ausubel (2003), o quanto a estrutura cognitiva – descrita pelo autor como o conjunto de conhecimentos numa determinada área (modelagem matemática), em determinada altura (no mês de setembro) - ainda está desorganizada, instável e sem clareza. A seguir, é apresentado um excerto de um dos trabalhos que corrobora a afirmação anterior:

> Uma operadora de saúde presta serviços de pós-vendas na sua área de atuação, (Vales do Taquari, Rio Pardo e Jacuí), esse serviço visa buscar uma relação mais próxima com seus clientes. Entretanto a empresa

entende que isso pode ser possível através de contatos e visitas periódicas nas empresas. Para realizar esse atendimento diferenciado a empresa possui as informações abaixo:

Tipo de Empresas	**Nº de Empresas**	**Ação Realizada**	**Nº de Pessoas**
P - 0 a 29 vidas	471	Contato telefônico - 1 vez ao ano	2
M - 30 a 49 vidas	85	Visita pessoal - 1 vez ao ano	
G - 50 a 199 vidas	145	Visita pessoal - 2 vez ao ano	
GG - Acima de 200	64	Visita pessoal - 2 vez ao ano	
Especiais	44	Visita pessoal conforme a necessidade da empresa	3

A empresa quer maximizar o número de visitas durante o ano, verificando a disponibilidade de tempo para uma melhor execução das atividades. (Aluno 17)

O problema apresentado não demonstra com clareza as restrições, tampouco qual a função objetivo. Há vários dados que não permitem compreender nem relacionar as informações. Neste caso, não é possível modelar este problema por meio de um modelo de programação linear, partindo dos dados observados.

Alguns alunos descreveram situações-problema simples, pouco complexas (Goldbarg, 2000), conforme pode ser visto nos excertos a seguir:

Uma microempresa produz **dois tipos de calças** jeans e sua capacidade de trabalho é 40 horas semanais. A calça A requer **4 horas** de trabalho para ser confeccionada e propicia um lucro de R$ 45,00, enquanto a calça B precisa de **7 horas** de trabalho para ser produzido e dá R$55,00 de lucro. Quantas unidades de cada tipo de jeans devem ser produzidas semanalmente para maximizar o lucro? [Grifo da autora] (Aluno 38)

A Loja [...] vende acessórios femininos, **brincos e anéis** da Maria Santa. Sabe-se que o lucro dos anéis é R$ 38,00 e dos brincos R$ 78,00 e que o expositor da loja comporta armazenar 282 anéis e 216 brincos. O horário de funcionamento da loja é de 8 horas diárias e que, em média, precisa-se de 30min para efetuar a venda de um anel e de 45 min para o brinco. Qual será a lucratividade máxima? [Grifo da autora] (Aluno 53)

Um produtor rural cultiva em sua propriedade de 100 hectares, soja e milho. Conforme a planilha de custos de produção estimados pela Conab para a Safra 2008/09 (fonte: http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/custodeproducao_safradeverao2.xls) gasta-se R$ 1.446,00 para o custeio de um hectare de milho e R$ 894,00 para custear um hectare de soja. O produtor dispõe de R$ 120.000,00 para o custeio da lavoura. Por uma questão de rotação de culturas, o produtor não poderá cultivar a totalidade da área com apenas uma cultura, tendo que cultivar no mínimo 50 ha com milho. Então, pergunta-se quantos hectares de cada cultura o produtor deverá plantar para minimizar os custos de produção, cultivando toda a área de terra disponível? (Aluno 26)

> Uma Oficina Mecânica da região realiza diversos serviços de Mecânica em geral, bem como também Chapeação e Pintura. Sua capacidade de trabalho é de 44 horas semanais. Dentre vários serviços, seus funcionários realizam troca de óleo e troca de correia dentada. A troca de óleo requer 20 minutos e propicia um lucro de R$ 10,00, enquanto que a troca de correia dentada precisa de 1 hora e 30 minutos acarretando lucro de R$ 40,00. Quantas trocas de óleo e trocas de correia deverão ser realizados a fim de maximizar o lucro? (Aluno 43)

> Um hospital produz dois tipos de exames e sua capacidade de trabalho é de 40 horas semanais. A Ressonância Magnética requer 30min para ser realizado e propicia um lucro de R$ 120,00, enquanto a tomografia requer 15 min para ser realizada e acarreta um lucro de R$ 100,00. Quantas unidades de cada exames devem ser produzidas semanalmente a fim de maximizar o lucro? (Aluno 25)

Os exemplos um, quatro e cinco anteriormente citados contemplam duas variáveis e apenas uma restrição, enquanto os exemplos dois e três apresentam duas variáveis e três restrições. Cabe salientar que para um problema de programação linear ter solução, no mínimo são necessárias duas variáveis e uma restrição. Por outro lado, *softwares* como o LINDO, em versão não profissional e utilizado na UNIVATES, permitem resolver situações com até cinquenta variáveis e trezentas restrições.

Os modelos matemáticos iniciais de alguns alunos também não apresentaram parâmetros precisos, conforme as descrições das situações-problema a seguir:

> Um estúdio de gravação recebe diariamente comerciais pagos e comerciais promocionais não pagos para serem gravados. O sonoplasta dispõe de 8 horas diárias para a gravação, edição e organização dos arquivos de áudio na programação correta. Os comerciais pagos possuem um lucro de aproximadamente 60%. Os comerciais promocionais possuem um lucro de aproximadamente 20 %. Sabendo que o tempo não é suficiente para a gravação de todos comerciais, **e que comerciais dos dois tipos devem ser gravados**, como deveria ser distribuído para maximizar os lucros? (Aluno 1) [grifo da autora]

> A produção avícola brasileira passou por um processo de transformação nos últimos anos se destacando com uma avicultura competitiva no mercado. Para isso foi necessário diminuirmos ao máximo os custos de produção. Sabendo-se que a mistura para ração pode ser muito diversificada, qual das misturas abaixo seria a mais viável atendendo as necessidades nutritivas?

	Produto X (porção)	**Produto Y (porção)**	**Necessidade (unid)**
nutriente A	5	6	25
nutriente B	3	2	15
nutriente C	4	5	27
Preço	**R$4,00**	**R$3,50**	???

(Aluno 2) [grifo da autora]

A primeira situação-problema menciona que "comerciais dos dois tipos devem ser gravados". No entanto, para se transformar numa restrição do modelo matemático de programação linear, é necessário dizer quantos de cada tipo devem ser gravados, no mínimo ou no máximo. No exemplo dois, relacionado ao setor avícola, há falta de precisão quanto ao tipo de porção – qual sua unidade de medida, que nutrientes são esses aos quais o aluno se refere -, dando uma ideia muito vaga sobre a aplicabilidade do modelo matemático.

Outro aspecto a ser abordado nos modelos matemáticos é quanto à resolução dos modelos matemáticos. De acordo com Bassanezi (2002), é na etapa resolução que o aluno substitui a linguagem natural por uma linguagem matemática coerente. E neste sentido, podem-se observar vários erros como os descritos nas categorias a seguir:

a) Tradução ou interpretação incorretas:

Situação-problema descrita pelo aluno 39:

> A Agroindústria C produz vinhos Tintos e Brancos, obtendo lucro de R$10,00 e R$8,00 por garrafa vendida respectivamente. A capacidade de produção é **de 500 garrafas por mês** [grifo da autora]. Sendo que o tempo gasto em mão-de-obra é de 9min. por mês por garrafa de vinho tinto e 5min. por garrafa de vinho branco, e gasta-se R$2,00 por garrafa em vinho tinto em condimentos, e R$1,80 por garrafa em vinho branco. Dispõe-se de 1500min. de mão-de-obra por mês e de R$3000,00 em condimentos. Quantas garrafas de vinho tinto e quantas de branco deve-se produzir para otimizar o lucro total? [Grifo da autora]

	Tintos	Brancos	Total
Tempo	9	5	1500
Condimentos	2	1,8	3000
Lucro	10	8	

Modelo elaborado pelo aluno:

> Max 10T+8B
> St
> 9T+5B<=1500
> 2T+1,8B<=3000
> End
> Gin 2

Neste modelo matemático, a descrição da produção das 500 garrafas/mês não está transcrita no modelo matemático, embora não altere a resposta válida final.

Outro exemplo de situação-problema, descrita pelo aluno 40:

> A Indústria e Comércio de produtos de limpeza [...] possui uma linha completa de produtos de limpeza e higiene de uso doméstico, e sua área de atuação é o sul do País e países do MERCOSUL. A empresa possui uma linha completa de produtos, entre eles: amaciante de roupas, detergentes, lava-roupas líquido, ceras, limpadores com brilho, limpador perfumado, água sanitária, alvejantes, desinfetantes e sabão em pó. Para fazer uma fórmula de lava-roupas Glicerina são necessários 640 kg de Pastrex que custa R$2,30 kg; 125 kg de Cloreto de Sódio que custa R$0,30 kg e também 0,400 kg de Soda Cáustica que custa R$1,30 kg. A fórmula rende 4.000 litros. Já para fazer uma fórmula de detergente lava-louças são necessários 1.552 kg de Pastrex, 425 kg de Cloreto de Sódio e 45 kg de Soda Cáustica. Os valores por kg são os mesmos. A fórmula rende 16.000 litros. O estoque de Pastrex é de 25.000 kg, o estoque de Cloreto de Sódio é de 6.500 kg e o estoque de Soda Cáustica é de 1.800 kg. Quantas fórmulas de lava roupas e detergente podem ser feitos para ter o menor custo possível?

Resolução do aluno:

	glicerina	detergente	Custo/kg
Pastrex	640	1552	2,30
Cloreto de sódio	125	425	0,30
Soda cáustica	0,400	45	1,30
Total/fórmula	4000	16000	

```
OBJECTIVE FUNCTION VALUE
1)     81.04124
         VARIABLE       VALUE
P         0.000000       19.338724
C        31.824015        0.000000
S        54.995419        0.000000
```

ANÁLISE DOS NÚMEROS
1) É o número de fórmulas que posso fazer para ter melhor aproveitamento da matéria-prima
2) Não houve sobra de matéria-prima na formulação de Glicerina.
3) Não houve sobra de matéria prima na formulação de Detergente
(Aluno 40)

Para o aluno 40, não está claro o que são variáveis e o que são restrições, havendo uma inversão destas em seu modelo matemático. Conforme mencionado anteriormente, de acordo com Ausubel (2003), sua estrutura cognitiva no que se refere a variáveis e a restrições de um modelo matemático de programação linear ainda está confusa e desorganizada.

b) Erros nas unidades de medida ou escrita específica no *software* LINDO

Exemplo de situação-problema descrita:

> Uma Oficina Mecânica da região realiza diversos serviços de Mecânica em geral, bem como também Chapeação e Pintura. Sua capacidade de trabalho é de 44 horas semanais. Dentre vários serviços, seus funcionários realizam troca de óleo e troca de correia dentada. A troca de óleo requer 20 minutos e propicia um lucro de R$ 10,00, enquanto que a troca de correia dentada precisa de 1 hora e 30 minutos acarretando lucro de R$ 40,00. Quantas trocas de óleo e trocas de correia deverão ser realizados a fim de maximizar o lucro?
>
> max 10o + 40d
> st
> 20o + 90d<=2.640
> end
>
> OBJECTIVE FUNCTION VALUE
>
> 1) 1.320000
>
> VARIABLE VALUE REDUCED COST
> O 0.132000 0.000000
> D 0.000000 5.000000
> (Aluno 43)

Neste caso, o aluno deveria ter escrito 2640 sem a utilização do ponto, o que faz o tempo de produção ser 1000 vezes menor.

Enquanto alguns alunos descreveram modelos matemáticos com poucas variáveis e restrições, outros conseguiram abstrair situações-problema e resolver modelos mais complexos, como o exemplo do aluno 50:

> A [...] possui uma Indústria de Artefatos de Cimento onde produz os postes que instala nas suas redes de distribuição de energia elétrica e também alguns tipos para venda. Os mais comercializados são o P2 e o P6. Para produzir cada peça do P2 são necessários 10 minutos de MO, 6 kg de cimento, 1,90 kg de ferro, 0,01 m^3 de areia e 0,01 m^3 de brita. Para produzir cada peça do P6 são necessários 32 minutos de MO, 27 kg de cimento, 15,68 kg de ferro, 0,08 m^3 de areia e 0,08 m^3 de brita. A mão-de-obra disponível para produzir estes dois itens é de 90 horas p/mês. O estoque médio mensal é de 3.200 kg de cimento, 2.500 kg de ferro, 12 m^3 de areia e

> 12 m^3 de brita. Vende-se, em média, 120 postes P2 e 130 postes P6 p/mês. Sabendo-se que o lucro do P2 é de R$ 10,00 p/peça e o lucro do P6 é de R$ 55,00 p/peça, qual a quantidade a ser fabricada para que se tenha lucro máximo?

O modelo matemático descrito pelo aluno segue:

> Max 10PC+55PE
> St
> 10PC+32PE<=5400
> 6PC+27PE<=3200
> 1.90PC+15.68PE<=2500
> 0.01PC+0.08PE<=12
> 0.01PC+0.08PE<=12
> PC<=120
> PE<=130
> End
> Gin 2

E a análise realizada:

> O lucro máximo será de R$ 6.490,00 se forem fabricados 118 postes PE e nenhum poste PC, por mês.
>
> Sobra:
> 1.624 minutos de mão-de-obra;
> 14 kg de cimento;
> 649,76 kg de ferro;
> 2,56 m3 de areia;
> 2,56 m3 de brita,
>
> Deixariam de ser vendidos 120 postes PC e 12 postes PE.

Analisando-se a descrição da situação-problema, a tradução para a linguagem simbólica e a interpretação, à luz da teoria da Ausubel (2003), pode-se inferir que a estrutura cognitiva deste aluno está mais clara, estável e bem definida para reconhecer e definir problemas, bem como equacionar soluções de situações-problema empresariais, se comparada à estrutura dos alunos anteriormente citados.

Na análise do aluno 42, também já se percebe o desenvolvimento do raciocínio lógico, crítico e analítico para operar com valores e formulações matemáticas presentes nos fenômenos produtivos.

> Pela sugestão do lindo, notamos que a vaca A é mais viável economicamente, no primeiro cálculo percebemos que a vaca A está com 1.32 e a vaca B com 0.71, como não temos “meias vacas”, forçamos o lindo a tomar a decisão entre as duas, então ele optou por uma vaca A e uma vaca B, o que fará cair um pouco nossa lucratividade (no primeiro cálculo o ganho obtido seria de 74, 02; no segundo cálculo o ganho caiu para 65,00).

> Com esta análise, poderíamos pensar: “Se a vaca A é mais viável economicamente, porque o lindo não optou por duas vacas A ao invés de uma de cada, A e B?
> A resposta está nas restrições. Vemos que silagem e pasto teria para duas vacas A, porém faltaria ração e água, e o custo com veterinário também passaria do pretendido, de no máximo R$ 1,00 por dia.
> Este exemplo nos mostra claramente do que acontece na realidade, vacas mais produtivas, embora requerendo maiores investimentos em comida e assistência veterinária, ainda são mais viáveis economicamente, uma vez que todo animal tem um custo fixo que é seu custo de manutenção, produzindo ou não. No entanto, é importante estipular limites, pois no caso destes se excederem, o lucro poderá desaparecer e se tornar até inferior ao de vacas de menor produção.
> (Aluno 42)

Para se realizar uma avaliação do conjunto de 58 modelos matemáticos iniciais, foi elaborada a TABELA 12.

Tabela 12 – Número de variáveis e restrições do modelo matemático inicial

Aluno	N^o variáveis	N^o restrições
Aluno 1	2	1
Aluno 2	2	3
Aluno 3	3	5
Aluno 4	2	3
Aluno 5	3	6
Aluno 6	9	3
Aluno 7	2	2
Aluno 8	3	4
Aluno 9	2	3
Aluno 10	3	2
Aluno 11	Não modelou a situação inicial, realizando apenas busca de dados	
Aluno 12	3	4
Aluno 13	Não conseguiu modelar a situação inicial	
Aluno 14	3	6
Aluno 15	4	7
Aluno 16	5	5
Aluno 17	Não conseguiu modelar a situação inicial	
Aluno 18	3	3
Aluno 19	2	3
Aluno 20	2	2
Aluno 21	Não modelou a situação inicial, realizando apenas busca de dados	
Aluno 22	2	2
Aluno 23	2	2
Aluno 24	Não conseguiu modelar a situação inicial	
Aluno 25	2	1
Aluno 26	2	3
Aluno 27	2	5
Aluno 28	6	5
Aluno 29	3	3
Aluno 30	3	3

Aluno	Nº variáveis	Nº restrições
Aluno 31	6	8
Aluno 32	2	2
Aluno 33	2	3
Aluno 34	3	7
Aluno 35	2	5
Aluno 36	2	3
Aluno 37	2	4
Aluno 38	2	1
Aluno 39	2	2
Aluno 40	2	3
Aluno 41	Não modelou a situação inicial, realizando apenas busca de dados	
Aluno 42	2	5
Aluno 43	2	1
Aluno 44	25	10
Aluno 45	3	2
Aluno 46	2	3
Aluno 47	2	5
Aluno 48	2	3
Aluno 49	4	6
Aluno 50	2	7
Aluno 51	2	3
Aluno 52	2	2
Aluno 53	2	3
Aluno 54	2	6
Aluno 55	2	2
Aluno 56	2	4
Aluno 57	3	2
Aluno 58	2	4

Fonte: Elaborada pela autora

Para Biembengut (2003, p. 12), “a elaboração do modelo matemático depende do conhecimento matemático que se tem”. Isso permite ao aluno construir o modelo matemático de acordo com o seu conhecimento, mostrando a idiossincrasia do processo de aprendizagem por meio da modelagem matemática. Há modelos expressos com duas variáveis; outros com 25.

Analisando sob esta perspectiva e à luz da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003), parece que os modelos matemáticos iniciais, de uma forma geral, apresentados pelos alunos, constituem-se em exemplos simples, mostrando a instabilidade e a organização caótica da estrutura cognitiva quanto ao subsunçor relacionado à capacidade de abstrair e modelar uma situação-problema empresarial.

5.6 O MAPA CONCEITUAL FINAL E AS MODIFICAÇÕES OCORRIDAS AO LONGO DO SEMESTRE

Conforme previsto na metodologia, o mapa conceitual inicial, elaborado no início do mês de setembro, foi devolvido aos alunos ao término da disciplina de Pesquisa Operacional, em novembro de 2008. Solicitou-se aos alunos que reavaliassem os conceitos, bem como as relações estabelecidas e relacionadas ao tema modelo matemático. Os alunos riscaram seus mapas iniciais e complementaram com novos conceitos e relações percebidas. Nos mapas conceituais finais, os conectores em vermelho refletem novas inserções, assim como os conceitos nas caixas cor laranja. As palavras em vermelho dentro das caixas apontam as modificações realizadas e os conceitos em caixas pontilhadas representam exclusões de conceitos. Ressalta-se que esta atividade, assim como a representação dos mapas conceituais iniciais, foi desenvolvida em sala de aula, diferentemente do que ocorreu com as descrições das situações-problema e sua respectiva solução.

Embasado em Novak (1988, 1990), o objetivo desta atividade foi verificar como os conceitos relacionados à palavra *modelo matemático* se modificaram no decorrer do tempo, caracterizando-se como uma pesquisa longitudinal, bem como buscar evidências com relação às exigências da formação profissional dos administradores. O mapa conceitual dos alunos não foi comparado a um mapa elaborado por especialista, haja vista a compreensão da autora desta tese, assim como Moreira (2005), de que o mapa implica atribuição de significados idiossincráticos, o que corresponde afirmar que cada aluno representou seu mapa conceitual e não existe um mapa conceitual correto.

No ANEXO VII, apresenta-se um quadro que ilustra o número de conceitos iniciais, com exceção da palavra modelo matemático, o número de conceitos ao término da pesquisa, o número de frases de ligação no mapa inicial, o número de frases de ligação no mapa final, a quantidade de conceitos excluídos ou alterados e o número de frases de ligação excluídas ou alteradas.

Analisando-se o quadro, é possível perceber que o número de conceitos relacionados inicialmente variou de 4 a 30, assim como o número final de frases de ligação variou de 7 a 14, o que corrobora as afirmações anteriores quanto à idiossincrasia do mapa conceitual. Quanto a alterações, apenas 5 dos 58 alunos não acrescentaram novos conceitos, entendendo que sua compreensão não se alterou, como afirma o aluno 29: “Nada mudou para mim!”. O número de frases de ligação também aumentou, na maioria dos casos. Ressalta-se que alguns alunos não haviam inserido em seus mapas iniciais as frases de ligação, mas as acrescentaram no mapa conceitual final.

Nos mapas conceituais iniciais foram representados conceitos quanto à concepção teórica acerca da expressão *modelo matemático*, representação dos modelos matemáticos, necessidade do uso de recursos tecnológicos, precauções na elaboração dos modelos matemáticos e a suposta aplicabilidade. O quadro citado anteriormente aponta que novos conceitos e frases de ligação foram inseridos. A maioria teve relação com a aplicabilidade dos modelos matemáticos, conforme pode ser visto nos mapas a seguir.

Alguns alunos destacaram que os modelos matemáticos podem auxiliar no processo de gestão, de pensar estrategicamente e introduzir modificações nos processos produtivos. Isso pode ser visualizado nos mapas conceituais a seguir.

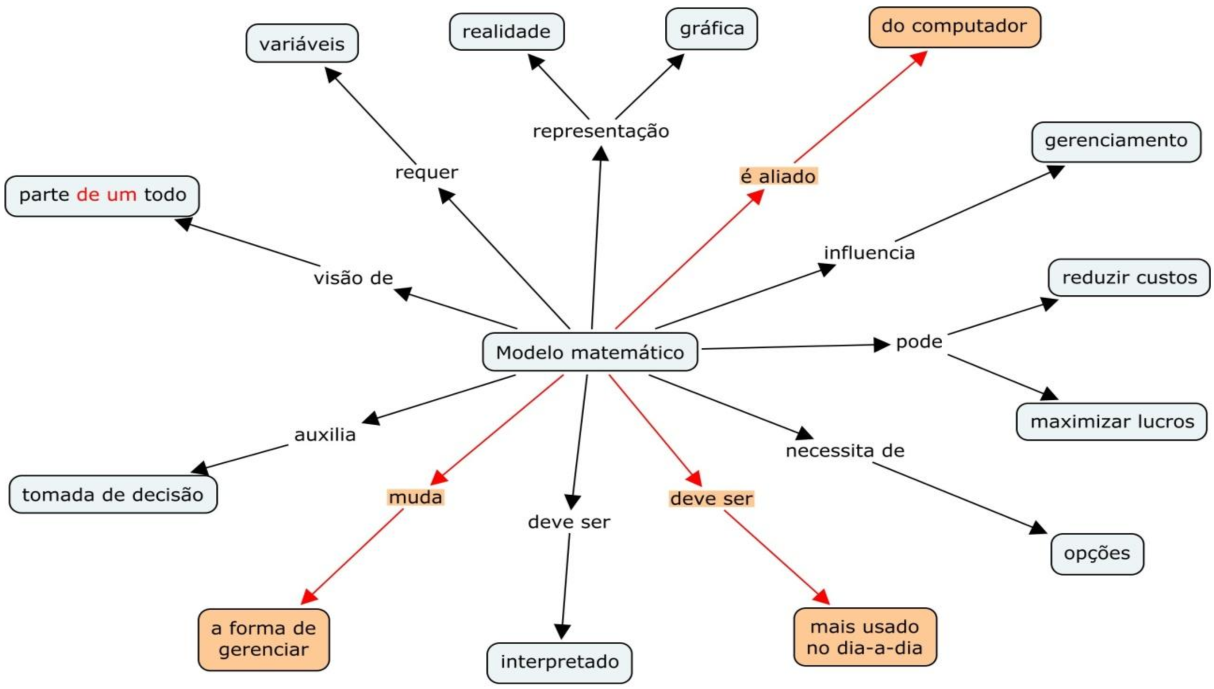


Figura 42 – Mapa conceitual final do aluno 15

Fonte: Aluno 14

O aluno 14 (mapa anterior) acredita que o modelo matemático muda a forma de gerenciar e deve ser utilizado no dia-a-dia.

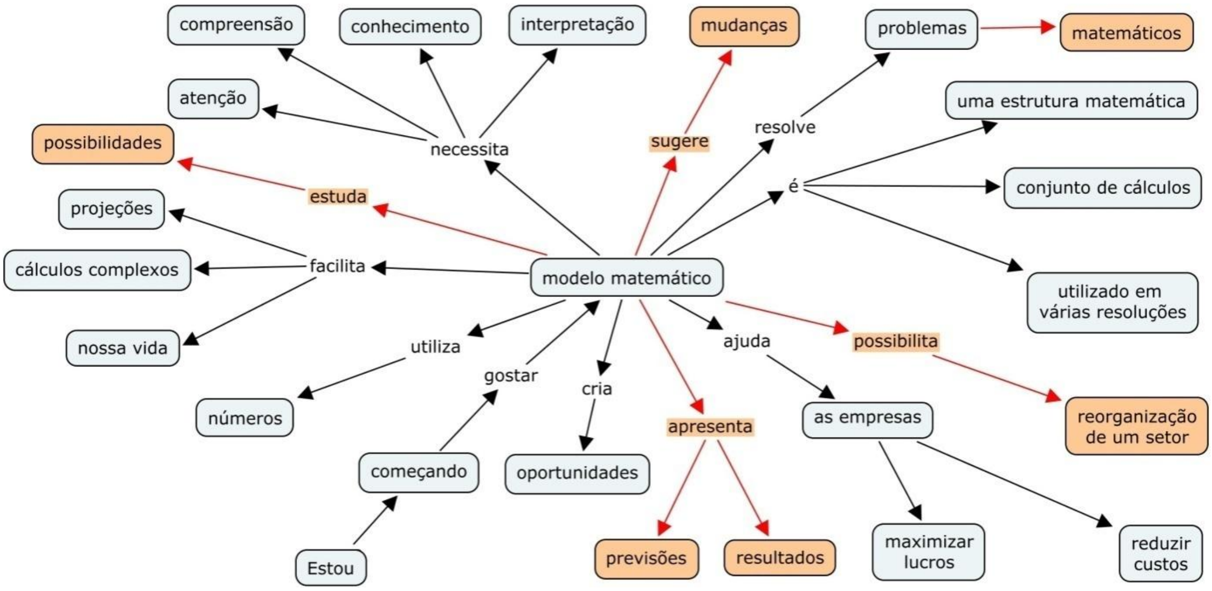


Figura 43 – Mapa conceitual do aluno 21

Fonte: Aluno 21

O mapa anterior do aluno 21 menciona que por meio do modelo matemático é possível sugerir mudanças e apresentar previsões e resultados, assim como reorganizar um setor. Seus novos conceitos, destacados nas caixas cor laranja, apontam indícios de mudanças no processo de gestão, uma das exigências previstas na legislação do Curso de Administração.

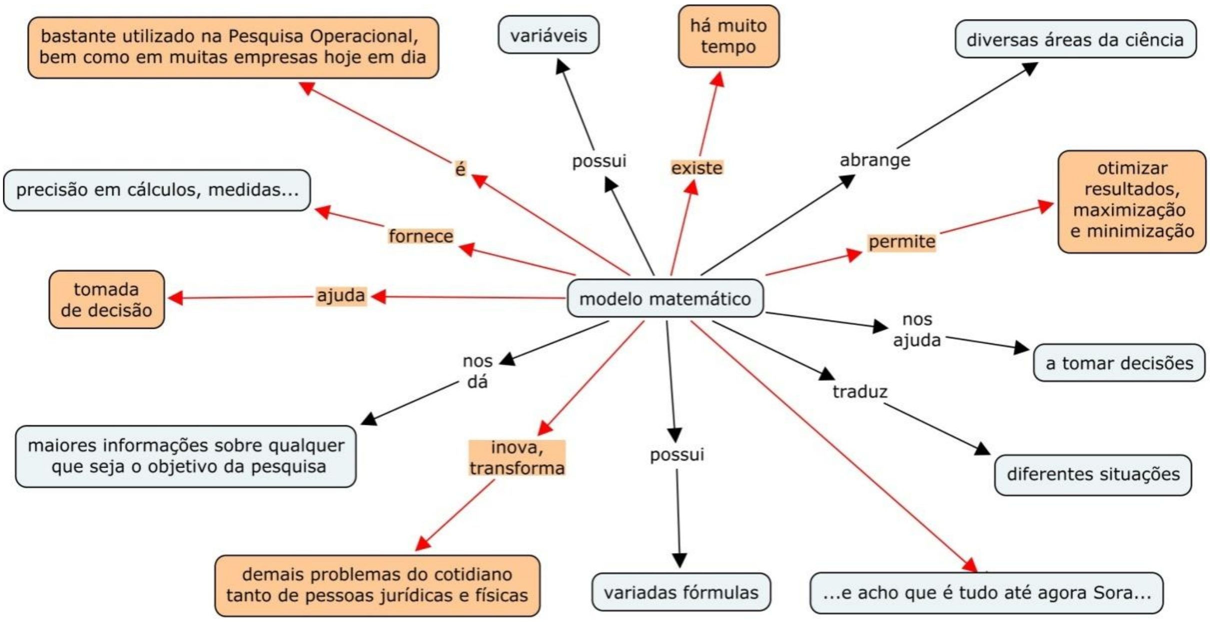


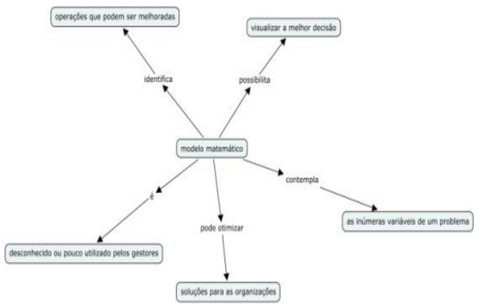
Figura 44 – Mapa conceitual do aluno 22

Fonte: Aluno 22

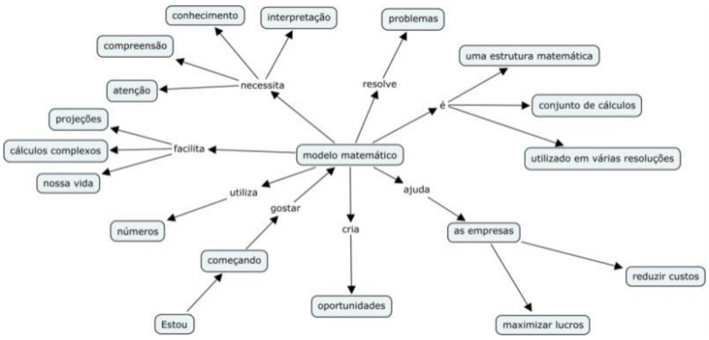
No mapa acima – aluno 22 - , percebe-se a proposição “modelo matemático inova, transforma demais problemas do cotidiano”, instigando a ideia de que o modelo matemático possa auxiliar na resolução de problemas tanto de pessoas físicas quanto jurídicas.

Diante deste cenário descrito, pode-se confirmar a hipótese levantada no início da pesquisa de que o mapa conceitual final teria mais conceitos e mais frases de ligação se comparado ao mapa conceitual inicial. Mas as mudanças – exclusões ou alterações nos conceitos ou frases de ligação - são pouco significativas. Isso leva a inferir que a maioria dos alunos não mudou seus conceitos ao longo do semestre, mas adquiriu outros, novos. À luz da teoria de Ausubel (2003), à medida que o vocabulário se amplia – e isso ocorreu nos encontros e discussões em sala de aula - , novos conceitos são adquiridos e têm relação direta com a dimensão concreto-abstrata do desenvolvimento do aluno.

Por meio dos mapas conceituais, também foi possível visualizar as diferenças entre os níveis de abstração, o que corrobora a existência de diferentes subsunçores em diferentes alunos, como mostram os mapas conceituais iniciais e finais dos alunos 26 e 21, postados lado a lado:



Mapa inicial do aluno 26

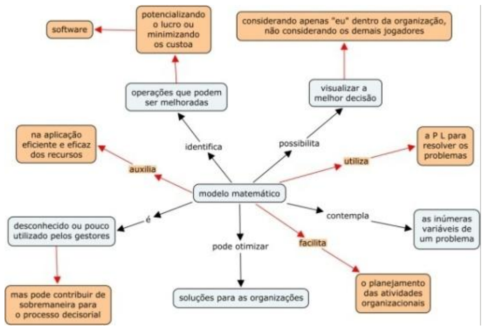


Mapa inicial do aluno 21

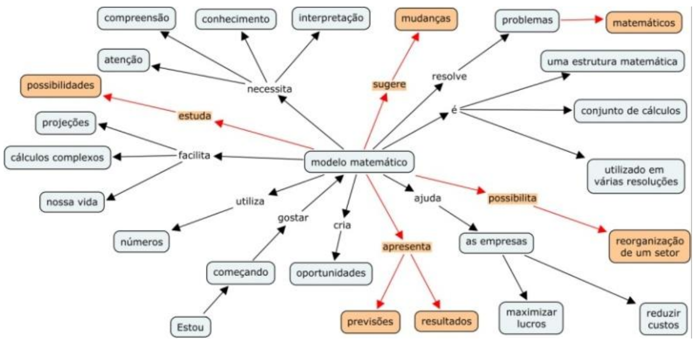
Figura 45 – Mapas conceituais iniciais dos alunos 26 e 21

Fonte: Alunos 26 e 21

Visualmente, é nítida a diferença de subsunçores presentes nos mapas conceituais iniciais. Em comum, não trazem subsunçores relacionados a recursos tecnológicos, nem precauções quanto a sua resolução, mas apresentam outros relacionados à aplicabilidade dos modelos matemáticos, bem como a sua representação.



Mapa final do aluno 26



Mapa final do aluno 21

Figura 46 – Mapas conceituais finais dos alunos 26 e 21

Fonte: Alunos 26 e 21

Observando a evolução dos mapas conceituais iniciais para os finais, também são perceptíveis as diferenças. No mapa 2, o aluno 26 acrescentou novos subsunçores relacionados à resolução de problemas de programação linear e com *softwares,* enquanto o 21 acrescentou mais subsunçores relacionados à aplicabilidade, principalmente a gestão. Com relação aos demais mapas conceituais, poder-se-ia realizar também as análises comparativas entre os modelos iniciais e os finais de todos os alunos, bem como os modelos iniciais de diferentes alunos e ainda os finais. Conforme destacado anteriormente**,** a conclusão a que se chegou é de que os mapas conceituais representam os conceitos presentes na estrutura cognitiva dos alunos e estes são diferentes de aluno para aluno.

Outro aspecto levantado como hipótese foi a possibilidade de observar processos cognitivos como a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora por meio dos mapas conceitos. No entanto, nestes instrumentos, quais sejam mapas conceituais iniciais e mapas conceituais finais, não se visualizam recorrências suficientes nem indícios destes processos. Portanto, não é possível afirmar sua ocorrência.

Face aos resultados observados com relação aos mapas (iniciais e finais), pode-se concluir que os alunos os representaram de diferentes formas, com subsunçores diferentes, as modificações foram percebidas de forma diferente e evoluíram diferentemente. Os mapas evoluíram mais do que se modificaram, principalmente inserindo conceitos relacionados à gestão. Pode-se levantar uma hipótese de que essa evolução tem relação com o curso dos alunos: Administração. No entanto, não há subsídios suficientes para corroborar a hipótese, tampouco esse é o foco de estudo desta tese. A seguir, são discutidos os resultados dos modelos matemáticos finais, bem como sua evolução.

5.7 OS RESULTADOS DO MODELO MATEMÁTICO FINAL E A EVOLUÇÃO DOS MODELOS MATEMÁTICOS

A descrição inicial da situação-problema empresarial e seu respectivo modelo matemático foram desenvolvidos no início de setembro. Ao longo de dois meses, os alunos modificaram suas concepções, visualizaram novas restrições e variáveis relacionadas com a situação-problema original, bem como buscaram dados para modelar adequadamente o problema. No mês de novembro, modelaram a situação-problema e descreveram o trabalho realizado ao longo do semestre, incluindo referencial teórico sobre modelagem matemática, pesquisa operacional e programação linear. O trabalho final, assim como o inicial, foi postado na ferramenta portfólio, no ambiente virtual de aprendizagem TelEduc utilizado pelo Centro Universitário UNIVATES, conforme indicam as figuras a seguir:

Figura 47 – Portfólio do aluno 34

Fonte: Ambiente Virtual de Aprendizagem da UNIVATES

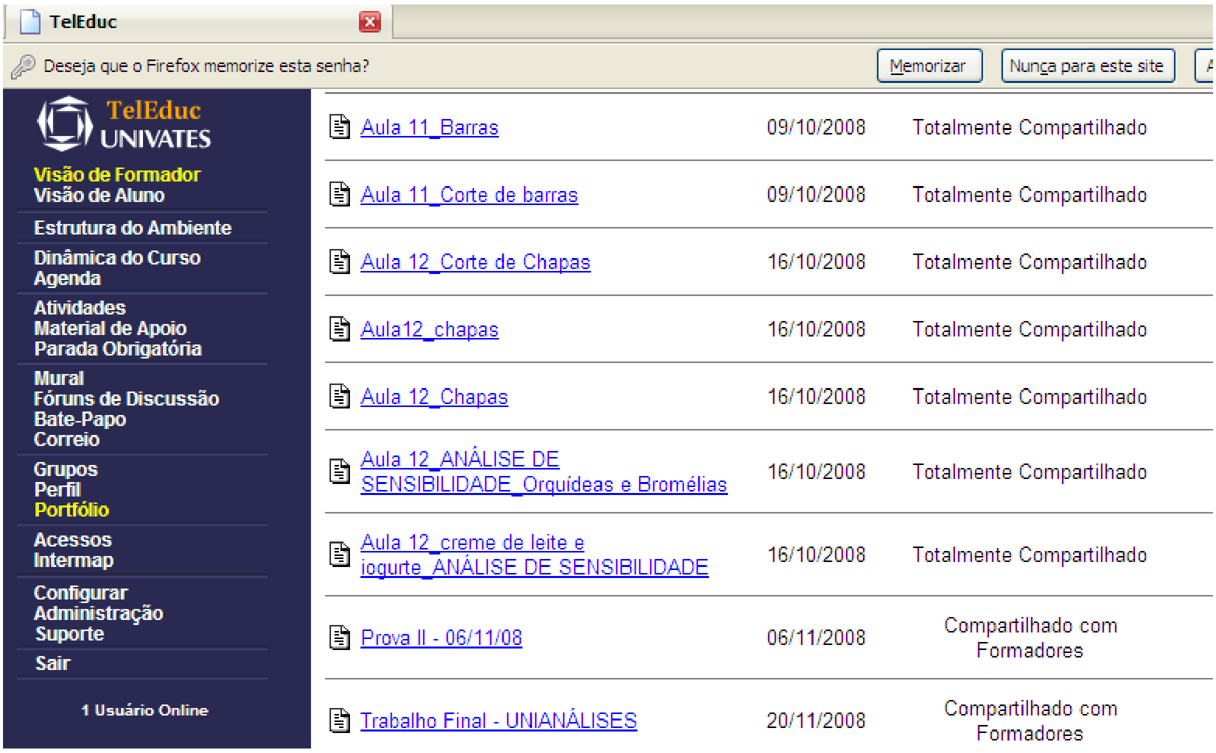


Figura 48 – Portfólio do aluno 34

Fonte: Ambiente Virtual de Aprendizagem da UNIVATES

A comparação dos modelos matemáticos iniciais e os modelos matemáticos finais teve por objetivo confirmar as hipóteses:

a) os modelos matemáticos finais têm maior número de variáveis se comparados aos iniciais;

b) os modelos matemáticos finais apresentam maior número de restrições se comparados aos iniciais;

c) o modelo matemático final apresenta parâmetros mais precisos se comparados com os iniciais;

d) nos modelos matemáticos finais, é possível observar alterações quantitativas nas limitações das restrições;

e) nos modelos matemáticos finais, é possível perceber alterações quantitativas nas variáveis da função-objetivo;

f) nos modelos matemáticos finais, há inclusão de restrições que levam em consideração mercado de trabalho, mercado consumidor, sazonalidades e outros aspectos pertinentes à gestão;

g) o relatório final apresenta um plano de gestão para a direção da empresa.

A seguir, a discussão dos resultados de cada um dos itens anteriormente.

5.7.1 Número de variáveis e restrições do modelo matemático inicial e do modelo matemático final

Para avaliar as hipóteses lançadas anteriormente, inicialmente é apresentado o quadro 9, no ANEXO VII. Neste, constam o número de variáveis e restrições do modelo matemático inicial, bem como o número de variáveis e restrições do modelo matemático final. Faz parte ainda uma observação quanto à alteração ou não da situação-problema inicial. Diversos foram os motivos da substituição, entre estes, reconhecimento da simplicidade do problema, falta de tempo para simulações ou ainda dificuldade em modelar as situações, como apontam os excertos a seguir com relação ao modelo matemático inicial e o final, retirados do questionário:

> Inicial: tinha pensado em fazer sobre o mercado dos meus pais, mais **achei que ficou um problema muito restrito.** [grifo da autora] Final: verifiquei aqui na empresa uma necessidade. Bom como a empresa somente trabalha com mel, ou seja, ela compra o mel do produtor, beneficia e exporta, procurei neste processo alguma coisa importante e que fosse objeto de pesquisa. E acabei optando pelas embalagens que são componentes muito importantes neste processo produtivo (Aluno 37).

O aluno 37 afirma que o "problema ficou muito restrito", referindo-se às poucas variáveis e restrições abstraídas. Segundo Bassanezi (2002), abstração é o processo que leva à formulação dos modelos matemáticos e o modelador deve preocupar-se com a seleção de variáveis essenciais. Desta forma, se as variáveis não são percebidas na situação-problema em linguagem "natural", não haverá possibilidade de substituição por linguagem matemática coerente.

Na fala do aluno 42, destacada a seguir, o mesmo afirma que faltou tempo e dedicação para realizar mais simulações.

> O meu problema inicial foi de pegar uma formulação de dieta para bovinos de leite e ver se fecha no Lindo. Não tive sucesso, talvez faltou mais tempo de dedicação para fazer mais simulações. O meu problema final foi este de fazer o LINDO dizer qual a atividade mais rentável para o investidor, leite, aves, suínos ou gado de corte. Ambos têm a ver com minha profissão (Aluno 42).

Cabe lembrar que a pesquisa foi realizada com alunos trabalhadores, que vêm até a Instituição de ensino à noite, conforme apontam dados de identificação no pré-teste. O excerto a seguir ilustra a dificuldade em modelar a situação-problema.

> O problema inicial foi relacionar as restrições, queria fazer uma comparação com três veículos diferentes, seria caminhão baú, silo e carreta tanque, mas foi complicado montar o modelo matemático porque transportavam produtos diferentes e o *software* LINDO dava erro. Acabei mudando o problema para uma situação que ocorre diariamente na transportadora e achei uma solução interessante e viável para a empresa (Aluno 51).

Fica evidente a dificuldade em transpor a etapa abstração-resolução (Bassanezi, 2002). O aluno 51 também mencionou o erro gerado pelo *software* LINDO, o qual não soube solucionar. Essas parecem ser algumas das causas de mudanças da situação-problema.

Analisando-se ainda o quadro 11 anteriormente citado, é possível verificar que aproximadamente 66% dos 58 alunos que postaram seu trabalho em tempo hábil (início de setembro) não alteraram sua situação-problema inicial, 10% não entregaram na data estabelecida e 24% alteraram seu problema inicial.

Com relação ao aumento do número de variáveis, constatou-se que entre os alunos que não mudaram de situação-problema, 47% aumentaram o número de variáveis no modelo matemático inicial, 50% permaneceram com o mesmo número de variáveis e 1 aluno reduziu uma variável no seu problema. Entre os que alteraram sua situação-problema, 71% aumentaram o número de variáveis e 29% não conseguiram obter acréscimo no número de variáveis.

A hipótese de que os modelos matemáticos finais apresentaram maior número de restrições se comparados aos iniciais, também foi avaliada e os percentuais são próximos aos anteriores. Entre os alunos que não mudaram sua situação-problema, 61% aumentaram o número de restrições, 34% permaneceram com o mesmo número e 5% diminuíram o número de restrições. Com relação aos que mudaram seu problema, 79% aumentaram o número de variáveis e 21% diminuíram.

O quadro a seguir sintetiza os percentuais, por categoria.

Quadro 4 – Percentuais de aumento nas variáveis e restrições, por categoria

	Categoria que permaneceu com a mesma situação-problema		**Categoria que alterou sua situação-problema**	
	variáveis	**restrições**	**variáveis**	**restrições**
Percentual de alunos que aumentou	47%	61%	71%	79%
Percentual de alunos que permaneceu igual	50%	34%	29%	21%
Percentual de alunos que diminuiu	3%	5%	0%	0%
Total	100%	100%	100%	100%

Fonte: Elaborado pela autora

De uma forma geral, pode-se afirmar que entre os que mudaram sua situação-problema inicial, o percentual de acréscimo nas variáveis é superior se comparado aos que permaneceram com o mesmo problema. Outra comparação interessante é que o número de restrições aumentou mais significativamente em ambas as categorias se comparado ao acréscimo do número de variáveis. Os excertos abaixo, oriundos do questionário respondido pelos alunos, corroboram a ideia de inserção de novas variáveis e restrições:

> No primeiro momento fiz meu problema utilizando três marcas de cerveja, onde tinha a intenção de maximizar os lucros, na situação seguinte **acrescentei mais duas marcas** [grifo da autora] (menos tradicionais que as outras) e montei um novo modelo matemático. Foi interessante este trabalho, pois tive a oportunidade de montar um modelo matemático utilizando as metas do dia e o real vendido, e em cima destes resultados trabalhar melhor com marcas que poderiam ser vendidas acima da meta estipulada (Aluno 5).

"Na primeira situação se trabalhava com duas restrições, já na segunda trabalhou com seis restrições" (Aluno 20). "A primeira [referindo-se à primeira situação-problema] foi apenas a otimização de 2 tipos de consultas, a final teve todos os tipos, permitindo total análise de consultas (planos) da Clínica" (Aluno 22).

Diante destes percentuais e citações, há evidências de que o modelo matemático final tem mais restrições e variáveis se comparado com o modelo inicial, na maioria das situações.

5.7.2 Mudanças nos parâmetros dos modelos matemáticos: as alterações quantitativas nas limitações das restrições, nos parâmetros da função objetivo e a inclusão de novas restrições

Neste item, discutem-se a conscientização do aluno quanto à abstração do problema, a busca de dados e sua fidedignidade em retratar a realidade, pois conforme Arenales et al (2007), modelo é um objeto que procura imitar as principais características do objeto real, no caso a situação-problema empresarial. Um modelo precisa ser isomorfo com a situação-real. Goldbarg (2000) chama isso de tradução.

Conforme destacado no referencial teórico, Warwick (2007) sugere que o processo de modelagem ocorre em etapas, sendo uma delas a comparação com a realidade. No caso desta pesquisa, os alunos, de posse dos resultados do modelo matemático inicial, compararam-nos com a realidade, ocorrendo duas hipóteses: alguns aceitaram os resultados e de acordo com sua concepção, a situação-problema estaria bem traduzida; outros vislumbraram novos dados a serem observados e reformularam seus modelos matemáticos, corroborando a dinamicidade do processo de modelagem. Os excertos a seguir, retirados do questionário, ilustram estes ajustes:

> Desde o princípio mantive o mesmo problema para ser resolvido, no caso, tempo insuficiente para a realização do trabalho proposto. Inicialmente **não havia colocado percentual de lucratividade** [grifo da autora] que coloquei depois e **nem mesmo havia "aberto" em tantos tipos diferentes de gravações** [grifo da autora] que devem ser executadas e que depois observei ser necessário pelas **particularidades de cada tipo** [grifo da autora]. No início eu também não havia separado o processo de gravação em tantas partes, que depois também foram separadas pela particularidade de tempo necessário. Essas alterações foram necessárias para obter um resultado mais fiel à realidade (Aluno 1).

O aluno 1 relata claramente que, ao comparar a situação-problema com a realidade, identificou novas variáveis: "nem mesmo havia 'aberto' em tantos tipos diferentes de gravações", inseriu novos dados como o percentual de lucratividade e acrescentou as "alterações foram necessárias para obter um resultado mais fiel à realidade". No mesmo sentido, a citação do aluno 14:

> A situação problema-inicial e a situação problema-final foi a mesma, o que mudou foi uma **percepção mais real** [grifo da autora] da situação, destacando que a alternativa que parecia mais inviável (silagem de milho) acabou por se mostrar como mais vantajosa.

Os alunos 56 e 58 também relataram a inserção de novas restrições, como pode ser visto a seguir:

> O meu problema inicial foi parecido com o final, mas no início eu previa o aumento do lucro e manutenção do custo, mas sem estabelecer **nenhuma restrição** [grifo da autora] de quais seriam esses valores. Outro item que não estava presente era número mínimo e máximo de números em cada turma. Já o meu problema final prevê uma receita x a um custo y. Também estabelece outra restrição que é o número de alunos mínimos e máximos em cada turma (Aluno 56).

> A inicial [referindo-se à situação-problema inicial] foram utilizados 2 tipos de serviços, vendo qual era mais lucrativo, levando em conta o tempo, o lucro e o quanto estava disponível para atender, e na situação final somente **foram colocados mais serviços** [grifo da autora], analisando as variáveis para ver se o lucro aumentaria e se os recursos estavam sendo alocados corretamente (Aluno 58).

Há ainda o relato do aluno 42 sobre alterações realizadas nos parâmetros da função objetivo. À medida que alterou os valores, foi observando as mudanças obtidas como sinaliza sua fala “Inicialmente não coloquei as restrições. Posteriormente, além de colocar as restrições, fui alterando seus valores e observando que as escolhas do LINDO foram mudando. Fui deduzindo os limites de cada variável” (Aluno 42).

Para ilustrar as mudanças na concepção da situação-problema inicial, bem como o modelo matemático respectivo, segue o exemplo do aluno 56 citado anteriormente.

Quadro 5 – Comparativo entre a situação-problema inicial e situação problema final

Situação-problema inicial	**Situação-problema final**
Um colégio particular tem 3 turmas de Ensino Médio (1º, 2º e 3º ano) cujo total de alunos é de 51. Na mesma instituição tem 3 turmas de Ensino Fundamental (1º, 2º e 3º ano), com um total de 59 alunos. A capacidade de alunos para essas três turmas seria de no máximo 90 em cada nível. O custo para manter as turmas de ensino médio é de R$12.928,00 e as de ensino fundamental é de R$9.944,00 e as receitas são atualmente de R$13.271,00 e R$11.275,00 respectivamente. Qual seria a melhor combinação de maneira a otimizar o resultado, sem aumentar o custo?	O Colégio [...] tem três turmas de ensino médio: 1º ano (17 alunos), 2º ano (17 alunos) e 3º ano (16 alunos) cuja soma total de alunos é de 50. Trabalha também com três turmas de ensino fundamental: 1º ano (21 alunos), 2º ano (19 alunos) e 3º ano (20 alunos), tendo um total de 60 alunos. A capacidade de alunos para essas três turmas seria de no máximo 30 alunos/turma. O valor da mensalidade no ensino médio é de R$320,00 e no ensino fundamental é de R$250,00. O custo para manter as turmas de ensino médio é de R$15.000,00 e as de ensino fundamental é de R$10.500,00. Qual seria a melhor combinação de maneira a otimizar o resultado, aonde a instituição pretende ter em cada turma o número mínimo de 20 e no máximo 30 alunos e dentro dessas restrições gerar uma receita de no mínimo R$34.000,00 a um custo de R$30.000,00?

Fonte: Elaborado pela autora, a partir das situações-problema iniciais do aluno 56

A inclusão de novas restrições (número mínimo e máximo de alunos por turma), como o próprio aluno citou anteriormente, fica mais nítida a situação-problema final assim como a função objetivo. Para ilustrar melhor a ideia anterior, apresenta-se a seguir o modelo matemático inicial e o final das respectivas situações-problema.

Quadro 6 – Modelo matemático inicial e modelo matemático final do aluno 56

Modelo matemático inicial	**Modelo matemático final**
Max 343EM + 1331EF st EM <= 90 EF <= 90 EF >= 51 EM >= 59 end	Min 300EM1 + 300EM2 + 300EM3 + 175EF1 + 175EF2 + 175EF3 St 320EM1 + 320EM2 + 320EM3 + 250EF1 + 250EF2 + 250EF3 >= 34000 EM1 >= 20 EM1 <= 30 EM2 >= 20 EM2 <= 30 EM3 >= 20 EM3 <= 30 EF1 >= 20 EF1 <= 30 EF2 >= 20 EF2 <= 30 EF3 >= 20 EF3 <= 30 EM1 + EM2 + EM3 + EF1 + EF2 + EF3 >= 120 EM1 + EM2 + EM3 + EF1 + EF2 + EF3 <= 180 300EM1 + 300EM2 + 300EM3 + 175EF1 + 175EF2 + 175EF3 <= 30000 End Gin 6

Fonte: Elaborado pela autora

A situação-problema inicial não está traduzida corretamente da linguagem natural para a linguagem matemática. Há sistemas de medidas diferentes na função objetivo e nas restrições. Os parâmetros da função objetivo (343 e 1331) representam o lucro a ser obtido por turma, enquanto as restrições (EM<=90, EF<=90, EF>=51, EM>=59) são unitárias. Embora o LINDO o resolva, isso gera conflito e inadequação na resposta, pois não se trata de erro de sintaxe nem é um modelo do tipo *infeasible* nem *unbounded*.

Antes de escrever o modelo matemático da situação-problema final, o aluno 56 organizou os dados numa tabela, conforme é possível visualizar:

Quadro 7 – Organização de dados do aluno 56

	EM1	EM2	EM3	EF1	EF2	EF3	TOTAL
CUSTO	300	300	300	175	175	175	30000
Mensalidade	320	320	320	250	250	250	34000
Nº DE ALUNOS (mínimo)	20	20	20	20	20	20	120
Nº DE ALUNOS (máximo)	30	30	30	30	30	30	180

Fonte: Elaborado pela autora

Na descrição da situação-problema, fica evidente que o objetivo é minimizar o custo das turmas de alunos, gerando uma receita superior a R$ 34.000,00 sem ter mais de 20 alunos por turma. Os custos e as receitas agora são unitários, todas as informações estão na mesma unidade de medida, desfazendo o erro do modelo matemático anterior.

Este é um exemplo que ilustra a hipótese de que as mudanças nas concepções das situações-problema alteram os parâmetros dos modelos matemáticos, tornando-os mais precisos e corretos. Cabe frisar que alguns alunos não mudaram sua situação-problema, tampouco o modelo matemático que traduz esta situação, como pode ser visto nos excertos a seguir:

> A situação-problema inicial foi a escolha do fornecedor para aquisição de quatro medicamentos ao menor custo possível. Não houve situação-problema final, pois não havia necessidade, o problema foi resolvido com a situação inicial (Aluno 28).

> Problema da distribuição de compra com maximização de lucro, avaliando os preços dos materiais comprados pela empresa, foi mantida a mesma situação do problema inicial, por falta de tempo (Aluno 29).

A justificativa do aluno 28 é de que a situação-problema está bem descrita, clara e traduz a realidade. Diferentemente, o aluno 29 afirmou não ter realizado alterações por falta de tempo.

As alterações nas concepções dos problemas ainda aumentam o número de restrições e promovem mudanças nas limitações das restrições e nos parâmetros da função objetivo, como está explicitado nas falas a seguir.

> Minha situação-problema inicial era buscar qual era o lucro máximo e quanto deveria ser feito de cada análise, sendo que tinha três. Utilizei como restrições: demanda mínima, tempo/máquina e tempo/funcionário. Minha situação-problema final buscou também o lucro máximo, mas dessa vez utilizando 8 análises. Fiz quatro modelos matemáticos: um com demanda mínima, um com demanda máxima, um com demanda mínima e máxima e outro sem demanda. As demais restrições foram as mesmas: tempo/funcionário, tempo/máquina (Aluno 34).

“Foi praticamente o mesmo, coloquei mais variáveis e modifiquei alguma coisa tipo: demanda e oferta, onde no outro eu trabalhei com estoque” (Aluno 47).

Ao analisar as mudanças das situações-problema iniciais, pode-se inferir que, assim como os mapas conceituais, os modelos matemáticos também apresentam diferenças, mostrando o quanto as etapas de abstração, de resolução e de modificação (Bassanezi, 2002) dos modelos matemáticos refletem a idiossincrasia do conhecimento.

5.8 MAPAS E MODELOS MATEMÁTICOS

O quadro 10, presente no ANEXO VIII traz os dados dos modelos matemáticos e dos mapas conceituais. O intuito de colocar lado a lado os percentuais de aumento no número de conceitos dos mapas conceituais, bem como no número de variáveis e restrições, é estabelecer o coeficiente de correlação de Pearson (r), que indica o índice de relação entre variáveis, que pode ser positiva ou negativa. Para Crespo (1995), se $0,6 \leq |r| \leq 1$, há forte correlação entre as variáveis; se $0,3 \leq |r| < 0,6$, há uma correlação relativamente fraca e se $0 < |r| < 0,3$, nada se pode concluir sobre a relação entre as variáveis.

Na exposição do quadro anterior, foram considerados como variáveis o percentual de aumento no número de conceitos nos mapas (X), o percentual de aumento no número de variáveis dos modelos matemáticos (MMI, MMF) (Y) e o aumento no número de restrições dos modelos matemáticos (MMI,MMF) (Z). Cruzando-se as variáveis X e Y, o índice de correlação é -0,02582. Estatisticamente, este índice representa uma correlação muito fraca e praticamente nada se pode afirmar. Ao comparar as variáveis X e Z, o coeficiente é -0,11834. Da mesma forma que a correlação anterior, esta também não é significativa. Isso leva a inferir que não se pode concluir que alunos que aumentaram em percentuais mais significativos seus conceitos nos mapas, também tenham aumentado na mesma proporção o número de variáveis do modelo matemático e nem o número de restrições.

Diferentemente dos índices anteriores, quando as variáveis Y e Z foram comparadas, o índice cresce para 0,487381. Estatisticamente, há uma correlação, embora seja considerada fraca. Ou seja, pode-se afirmar que alunos que aumentaram o número de variáveis também aumentaram o número de restrições.

Diante desses resultados estatísticos, não há indícios para estabelecer relação entre o aumento no número de conceitos no mapa e o acréscimo no número de variáveis do modelo matemático, tampouco entre o aumento do número de conceitos do mapa e o acréscimo no número de restrições. No entanto, há uma correlação relativamente fraca entre o aumento do número de restrições e o aumento do número de variáveis. Pode-se postular que a representação de mapas conceituais e a abstração de situações-problema, bem como sua representação por meio de um modelo matemático, podem ser habilidades distintas. Para corroborar esta afirmação, torna-se necessário um novo estudo, que não é foco desta tese, como já mencionado anteriormente.

5.9 O QUESTIONÁRIO

Este instrumento foi aplicado aos alunos no término do semestre e visou a obter subsídios para avaliar a capacidade do aluno de pensar estrategicamente e de introduzir modificações no sistema produtivo. Também teve a pretensão de verificar os processos cognitivos, em especial, a diferenciação progressiva e reconciliação integradora. A pergunta inicial teve o propósito de avaliar a relação do aluno com a situação-problema, ou seja, a relação profissional ou pessoal do aluno com a organização na qual desenvolveu o modelo matemático. A seguir, estão transcritas as questões com suas respectivas análises.

Questão 1: Que relação (profissional/pessoal) você tem com a organização/empresa/instituição na qual realizou o estudo do modelo matemático? Justifique sua escolha.

58 alunos responderam a questão e suas respostas foram classificadas em três categorias, a saber: relação profissional, relação de amizade com os sócios/donos da empresa/instituição ou ser de propriedade da família[45].

Na primeira categoria, foram enquadrados todos os alunos que responderam serem funcionários da empresa ou terem sido até pouco tempo, perfazendo um total de 72% dos respondentes. A justificativa da escolha da empresa deve-se em parte à facilidade de acesso aos dados, como apontam as afirmações a seguir: “Sou funcionária da empresa há 2 anos e 5 meses, achei que tinha tudo a ver com o trabalho a ser feito, pois tenho acesso aos dados” (Aluno 5); “Minha relação é

[45] A tabulação completa encontra-se no quadro 12, ANEXO X.

profissional, trabalho nesta empresa desde maio de 2008, no setor financeiro. Por ser a empresa em que trabalho ficou mais fácil ter acesso as informações necessárias para elaboração deste trabalho" (Aluno 37) e "Eu trabalho na Instituição na qual desenvolvi o meu trabalho, pois dessa forma fica mais fácil ter acesso as informações" (Aluno 56). Outro motivo é o conhecimento técnico acerca do produto ou serviço prestado para facilitar a obtenção de informações como pode ser visto na fala do aluno (aluno 4): "Eu trabalhei 2 anos e meio na empresa no departamento técnico e a escolhi, pois tenho total conhecimento do produto e do serviço prestado". Outro aspecto presente é o interesse que estes alunos têm junto às empresas para encontrar melhorais na gestão, reduzindo custos e aumentando lucros, como apontam os excertos a seguir: "A relação que possuo na empresa na qual realizei o trabalho é profissional, atuo como auxiliar administrativa. Escolhi fazer na empresa, pois é o local onde permaneço por mais tempo e no qual podem ser feitas melhorias". (aluno 6); "Sou funcionário da empresa onde o trabalho foi realizado. Fiz na própria empresa porque realmente quis encontrar alguma aplicação interessante para a minha empresa" (Aluno 11); "Sou funcionária da empresa, escolhi pelo fácil acesso informações e por querer que a empresa melhore seus processos diminuindo seus custos consequentemente aumentando seus lucros" (Aluno 12); "A minha relação é direta, sou funcionário da empresa, e juntamente com os gestores estamos realizando um trabalho para o aumento do faturamento, considerando variáveis existentes e políticas de desempenho" (Aluno 21); "Trabalho na empresa e possuo um cargo administrativo, onde estou preocupado com as realizações dos lucros ao menor custo possível" (Aluno 49). Ainda se pode visualizar, nas justificativas, a aplicabilidade direta dos modelos matemáticos no processo de tomada de decisão cotidiana referentes ao exercício profissional, conforme as falas: "Sou colaborador e trabalho na área. E fiz nessa área, pois irá facilitar o meu trabalho em alguns momentos" (Aluno 24). "Atuo na assistência técnica com produtores rurais. O modelo matemático serve para eu tomar uma decisão e recomendar ao produtor" (Aluno 42).

Na segunda categoria - relação de amizade com sócios -, enquadram-se 7% dos respondentes. As afirmações a seguir ilustram a existência desta categoria.

> Primeiramente havia feito meu trabalho em uma empresa familiar, mas não ficou muito do meu agrado, comentei isso com uma super amiga minha e

> ela me ofereceu a empresa onde ela trabalha, e como conheço muito bem os donos da empresa logo aceitei, e eles me deram o maior apoio e só tenho a agradecer por isso. (Os donos são amigos da minha família) (Aluno 43).

> A relação que tenho com a empresa é de amizade com o proprietário da mesma, pois nos conhecemos desde crianças. A escolha se deu devido a constantes reclamações do proprietário dos custos altos da empresa, e que não estava conseguindo um jeito de reduzi-los. Assim uni o útil ao agradável, apliquei o LINDO para ver se dava uma luz nesse sentido (Aluno 48).

E, por fim, 28% dos alunos foram inseridos na terceira e última categoria – ser de propriedade familiar. Justificaram sua escolha afirmando que os modelos matemáticos podem auxiliar na tomada de decisões, conforme pode ser visto nos excertos a seguir:

> A empresa na qual desenvolvi o estudo do modelo matemático é na qual sou sócio e escolhi a mesma por se tratar de uma empresa nova onde a análise feita será muito útil para **guiar** [grifo da autora] as ações pretendidas, além disso é um ponta pé inicial para empregar essa ferramenta em análises futuras dentro da organização (Aluno 15).

> A proprietária da empresa é minha mãe. Escolhi esta empresa a fim de possibilitar algumas opções de tomada de decisão para um melhor gerenciamento (Aluno 19).

> O trabalho foi realizado na propriedade rural do meu pai, [...]. É de costume realizar as atividades sem contabilizar custos, despesas, nem o retorno econômico do negócio. Sabendo da importância do gerenciamento e da necessidade de dados confiáveis para a tomada de decisões, resolvi trabalhar a produção leiteira que é a principal fonte de renda da propriedade (Aluno 14).

Na última fala ainda é possível perceber, como apontam Goldbarg (2000) e Lachtermacher (2002), a necessidade de buscar dados e estabelecer relações entre as variáveis quando se trata de dados quantificáveis. E neste sentido, os modelos matemáticos auxiliam os gestores a identificá-las.

Outra justificativa para a referida escolha foi a facilidade de acesso aos dados, bem como a disposição da família em auxiliar na obtenção dos mesmos, como mostram os excertos a seguir: “A empresa (clínica) é do meu pai, assim sendo, ficou mais fácil a aplicação do modelo matemático” (Aluno 22); “Escolhi a empresa que pertence a minha mãe. Empresa familiar. Ajudo semanalmente nos horários de minha disponibilidade” (Aluno 30); “Sou filha de uma das sócias. Escolhi fazer o trabalho sobre a floricultura, pois conheço bem a sistemática da empresa, tanto na parte administrativa quanto de produção” (Aluno 33); “É uma propriedade familiar, parte dela não está sendo utilizada. Por esse motivo escolhi analisar qual a melhor forma de utilização da área” (Aluno 36); “Sou proprietária da empresa onde realizei o estudo do modelo matemático, para mim é muito importante fazer tudo que posso dentro da minha empresa, pois temos ela aberta há 1 mês” (Aluno 47) e

> O negócio é de minha família (pais e namorado), a escolha foi para auxiliar na gestão da empresa, visto que sempre procuro auxiliar e implementar melhorias na empresa. A minha mãe é uma pessoa sempre aberta a sugestões e foi a primeira a auxiliar no levantamento de dados para o trabalho realizado (Aluno 54).

Alguns alunos pertencem a mais de uma categoria, conforme pode ser visto na fala a seguir e por esta razão o somatório dos percentuais é superior a 100%.

> A empresa é de um amigo do meu pai. A escolhi também porque já trabalhei lá, é uma empresa nova, mas promissora. Empresa familiar e que precisa da ajuda de um bom administrador, pois o “dono” não entende muito de questões administrativas, principalmente na área de pesquisa operacional que estamos estudando, por isso resolvi dar uma ajudinha na área de redução de custos e maximização de lucros (Aluno 8).

Sintetizando e analisando os percentuais desta questão, foi possível perceber que a maioria dos alunos (72%) observou e resolveu uma situação-problema da empresa na qual tem vínculo empregatício. Outros percentuais menos significativos apontaram a existência de problemas em empresas de amigos ou familiares. No entanto, todos os alunos perceberam, independente da categoria na qual foram inseridos, uma situação-problema e isso corrobora a ideia apresentada no capítulo inicial, qual seja, as situações-problema são oportunidades para desenvolver a modelagem matemática em situações de aprendizagem.

2) Qual foi sua situação-problema inicial? Qual foi sua situação-problema final? Compare-as e descreva-as detalhadamente.

A análise das respostas desta questão foram inseridas no item 5.7 por julgarem-se mais pertinentes na análise do referido tópico.

3) Quais os resultados finais da modelagem que modificaram a formulação inicial do seu problema? Fale um pouco sobre a organização e construção da sua situação-problema.

O objetivo desta questão foi vislumbrar como as novas ideias se relacionaram com as ideias existentes, neste caso específico, como o aluno descreveu, organizou seus subsunçores e construiu seu modelo matemático. À luz da teoria de Ausubel (2003), em algumas falas parece ter havido indícios de diferenciação progressiva, uma vez que a organização do modelo matemático parte de uma ideia mais geral, inclusiva e, detalhes mais específicos da situação-problema são introduzidos progressivamente, como apontam as falas a seguir:

> O Hospital [...] é uma entidade que beneficia milhares de indivíduos mensalmente, para isso é necessário um número elevado de colaboradores, estes precisam sentir-se motivados para realizar seu trabalho, com este propósito todo o final de ano é realizada a festa do H[...], para esta festa são comprados doces e salgados. **Recolhi os dados necessários para calcular o custo mínimo da situação** (Aluno 25). [Grifo da autora]

> Embora que o número de restrições tenha ficado reduzido, o problema, aos nossos olhos, reflete a real problemática desse segmento. Buscamos os custos de produção em sites especializados, bem como a cotação de preços na bolsa de valores (BM&F). **De posse dessas informações, ficou fácil elaborar o problema**. [Grifo da autora]. Questões técnicas também foram consideradas, no caso, a rotação de cultura. Ao final, a ideia prevalecente da maioria, sempre se foca na máxima rentabilidade da lavoura (Aluno 26).

Na primeira situação, o subsunçor mais geral parece ser a organização da festa de final de ano e as ideias preexistentes são os dados necessários para calcular o custo mínimo (custo de cada quitute em cada fornecedor, capacidade de produção da empresa e número de convidados). Estas ideias foram organizadas e um novo conceito foi gerado: o modelo matemático que corresponde à situação-problema que minimiza o custo da festa de final de ano.

Na segunda situação, a compreensão se dá da mesma forma. O subsunçor geral pode ser considerado a rentabilidade da lavoura enquanto as ideias preexistentes são os custos de produção, a rotação de culturas e outras que foram obtidas em *sites* especializados, conforme relato do autor.

Os excertos a seguir, corroboram a ideia da organização cognitiva por meio da diferenciação progressiva:

> A análise deste trabalho deu-se por meio de um estudo de caso realizado na empresa [...] Farmácia do município de [...], a qual é especializada na venda de medicamentos e produtos de higiene. Como estratégia inicial, foram levantados os principais medicamentos que a empresa necessitava adquirir, em um curto espaço de tempo, sendo: Triquilar, Fenergan, Monocordil e Celestamine. Os mesmos foram organizados em tabela para análise inicial. Após, necessitou-se realizar um levantamento de preços com os principais fornecedores da empresa, onde foi disponibilizado em forma de tabela, considerando as quantidades disponíveis por cada um. **Depois de todos os dados organizados em tabela,partiu-se para elaboração do modelo matemático** [Grifo da autora] no qual se visou minimizar os custos, considerando-se todas as variáveis necessárias. Para fins de cálculo, utilizou-se o *software* LINDO, no qual se inseriu as variáveis e restrições do problema, obtendo-se instantaneamente o resultado (Aluno 28).

> Devido a organização não ter um controle em nenhum sistema, ficou um pouco mais difícil, porém, foi feita uma média diária de compras e vendas que a empresa faz. **Após, peguei como base os dois** [Grifo da autora] produtos que a empresa mais vende, os quais visamos ver qual dá mais rentabilidade em questões financeiras. Com a utilização do *software* Lindo, pudemos ter uma visão de um gargalo que a empresa tem em questões de tempo (Aluno 33).

A fala a seguir mostra uma série hierárquica de organizadores, por ordem descendente de inclusão:

> A empresa é de pequeno porte, e produz esquadrias de madeira, **foram escolhidos os produtos que são fabricados dentro de uma cartela os produtos mais solicitados, e a partir de então a quantidade máxima produzida em um mês, então se montou o modelo** [Grifo da autora]. Os dados foram coletados juntamente com os arquivos já existentes na empresa e também com o auxilio do chefe de produção, os valores dos produtos foram alterados a mais ou a menos, pois não foi possível a divulgação de valores corretos. (Aluno 46)

A aluna mostra uma sequência e uma ordenação de suas ideias, quais os dados utilizados, bem como sua lógica de encadeamento.

Ao analisar a forma de organização e construção da situação-problema, alguns excertos induzem à ideia da existência/observação da diferenciação progressiva, em outros parece haver indícios de reconciliação integradora, como o que segue: “A construção do meu problema se deu devido a um exemplo do polígrafo; como tenho muitos produtos e vários fornecedores, resolvi ver onde era mais vantajoso fazer minhas compras” (Aluno 47). Desta forma, o aluno evidenciou semelhanças entre o exercício realizado em aula e sua situação-problema empresarial. Ainda nas ideias expressas a seguir, também há evidências da possibilidade de aplicação dos modelos matemáticos a situações semelhantes:

> No começo eu achei pouca coisa fazer somente o estudo da maximização de espaço, por isso resolvi fazer a maximização do lucro também e o comparativo. O problema, particularmente, acho bem interessante, pois **muitas empresas apresentam o mesmo, inclusive a que trabalhei anteriormente**. E como é relacionado ao Comércio Exterior, área em que trabalho e estudo, achei interessante arriscar (Aluno 3).

> Como descrito acima, olhar as metas e ver que os vendedores são capazes de vender mais da marca que dá retorno para empresa, isso é ótimo. A empresa sabe que deve vender de todas as marcas, o importante para a revenda é bater as metas da [...], portanto, o trabalho realizado não vai poder ser aplicado na empresa. Ela não trabalha com a maximização de um produto só. Este trabalho **seria bom para ser aplicado nos pontos de venda** [grifo da autora], pois muitos de nossos clientes têm uma caixa de cada marca no estoque, sendo que poderiam estar trabalhando somente com a que mais lhe desse retorno (Aluno 5).

Tanto na primeira quanto na segunda fala, percebe-se a capacidade de estabelecer relações entre os problemas resolvidos e as situações-problema nas quais os alunos estão imersos.

De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1980), embora a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora sejam processos cognitivos diferentes, não são excludentes, mas sim correlatos e podem ocorrer concomitantemente. Este instrumento não permitiu visualizar a subida e a descida nas estruturas hierárquicas e nem permitiu concluir que todos os alunos estabelecem relações através da diferenciação progressiva e reconciliação integradora. Há fracos indícios, em algumas falas, destes processos cognitivos.

A questão a seguir aborda a relevância dos organizadores avançados.

4) Os problemas de modelagem nível I, resolvidos em aula com o uso do *software* LINDO, foram relevantes para a identificação e modelagem do seu problema? Em caso positivo, cite exemplos concretos desta aplicação.

Analisando-se as respostas dos alunos, estes foram unânimes em afirmar que os problemas de modelagem nível I, de uma ou outra forma, influenciaram e nortearam as escolhas de seus problemas. A seguir alguns excertos que corroboram esta afirmação:

> Os problemas de nível I foram relevantes na modelagem do problema do meu trabalho, pois entre os exercícios resolvidos em aula estava o de uma emissora de televisão com necessidade de organizar o tempo de comercial e programa no ar e suas respectivas lucratividades. Isso me fez ter a ideia de como resolver o meu problema. Já a utilização do *software* LINDO para problemas das mais diversas tipologias trouxe a prática necessária para a compreensão dos resultados (Aluno 1).

Nesta fala, pode-se ainda perceber a importância da resolução destes problemas com o auxílio do *software* LINDO, haja vista a falta de subsunçores para operar com o mesmo, o que foi comprovado no pré-teste realizado.

Os excertos a seguir ressaltam as associações realizadas entre os problemas de modelagem nível I e as situações-problema encontradas pelos alunos:

> Foram muito importantes com certeza, principalmente para se poder analisar cada detalhe da empresa e encontrar algum ponto com problema que pudéssemos melhorar. Não poderia citar um só exercício resolvido em aula, no meu modelo fiz uma mistura dos vários que vimos (Aluno 5).

“Sim, os problemas resolvidos em sala de aula acabaram servindo de exemplos e auxiliando na criatividade para diagnosticar situações do dia-a-dia em que o *software* LINDO pudesse ser utilizado” (Aluno 14); “Sim, o meu problema foi feito baseado em aplicações do *software* LINDO, sem o conhecimento prévio adquirido nas aulas, seria impossível identificá-lo como problema aplicável no LINDO, muito menos modelá-lo” (Aluno 22); “Com certeza. Os problemas já vistos resolvidos anteriormente deram uma base boa para determinar o meu próprio problema” (Aluno 30);

> Sim, um exemplo disso foi a realização dos exercícios das padarias, depois destes exercícios comecei a pensar qual seria o problema e onde faria o trabalho, em qual empresa. Durante a realização dos exercícios comecei a verificar quais serviços poderia avaliar, e assim conseguir auxiliar melhor a empresa em suas decisões (Aluno 54).

Analisando-se as respostas à luz da teoria de Ausubel (2003), pode-se inferir que os problemas de modelagem nível I (assim definidos por Barbosa (2001) transformaram-se em organizadores avançados, visto que estabeleceram relações entre aquilo que o aluno já sabia no início do semestre e a concepção da situação-problema e a respectiva resolução do modelo matemático final. A funcionalidade do *software* LINDO, repassada aos alunos na forma verbal por meio da aprendizagem por recepção, também suscitou a formação de subsunçores para operar com o referido *software*, como bem aponta o aluno 1: “Já a utilização do *software* LINDO para diversos problemas trouxe a prática necessária para a compreensão dos resultados.”

Enquanto a pergunta número 4 investigou o papel dos organizadores avançados, a de número 5 teve seu foco voltado para a real aplicabilidade dos resultados, ou seja, quais as ações que o aluno tomará diante das respostas obtidas a partir da situação-problema. A seguir, encontra-se a pergunta e respectivas respostas.

Pergunta 5) O que você fez ou fará com os resultados obtidos a partir das respostas fornecidas pelo *software* LINDO?

O intuito desta questão foi o de avaliar se a resolução de situações-problema empresariais auxiliou os alunos na obtenção das habilidades pensar estrategicamente e propor mudanças nos sistemas produtivos.

Como apontou a questão número 1, a maioria tem vínculo empregatício com a empresa na qual realizou o estudo. Portanto, ficou evidente a pretensão dos alunos em implementar melhorias nos sistemas produtivos. No entanto, isso depende de sua chefia imediata, pois os cargos que ocupam não permitem tal autonomia. Pode-se comprovar isso nos excertos a seguir:

> O resultado será levado para a administração da empresa com a finalidade de ser colocado em prática, já que há uma grande necessidade de resolver o problema apresentado no trabalho. Foram analisadas duas opções de solução que devem agora ter sua viabilidade discutida de acordo com a realidade e planejamento proposto pela empresa (Aluno 1).

> Relatarei os resultados para a administradora. Vou sugerir a possibilidade de contratação de mais um funcionário a fim de atender o ponto de estrangulamento do problema e efetuar novo estudo a fim de verificar a viabilidade de produção de itens não efetuados sob medida para um nicho de mercado que hoje não é atendido pela empresa (Aluno 19).

> [...] encaminharei o trabalho pronto para os responsáveis pelo Setor, dando um *feedback* e algumas sugestões (já contidas no trabalho), ficando a critério deles tomar alguma decisão ou não. Como dito em aula, a Pesquisa

> Operacional fornece ferramentas para apoiar a tomada de decisões, mas fica a critério dos gestores o que irão fazer (Aluno 34).

> Uma cópia do trabalho foi entregue para os gestores da empresa, onde constam os resultados obtidos pelo *software*, também constam algumas sugestões de mudanças em suas formas de orçamento, cabe a eles a utilização ou não das sugestões feitas (Aluno 48).

Tratando-se de um problema realizado numa empresa familiar, as modificações ficam mais evidentes e factíveis de serem implementadas, como apontam as falas a seguir: “A partir dos resultados mostrados pelo LINDO, fiz uma análise e mostrei a empresa a qual me confirmou que tomará providências para ter um sistema para controlar a sua compra e venda” (Aluno 33) e

> Com os resultados obtidos, os empresários terão condições de avaliar melhor a questão da realização de espelhamentos, pois hoje se tem uma grande procura. Desta forma, a empresa terá que verificar se aumenta o preço ou se realiza este serviço somente para clientes especiais, que realizam sempre serviços com a chapeação. Outra questão é de quando realizarmos uma micro pintura ou um serviço menor “influenciarmos” o cliente a realizar um polimento, antes sempre era oferecido o espelhamento. Será reduzida a compra de tinta, pois hoje a empresa conta com um grande espaço, a parte disponível para estoque já está cheia de restos de tinta. Acredito que com a redução de compra deste material e a realização de 5’S será a solução e a empresa terá como organizar melhor seu espaço (Aluno 54).

A partir das respostas expressadas pelos alunos, pode-se inferir que há desejo de que as melhorias sejam implementadas, mas isso depende da gerência aceitar e concordar com as sugestões. Outras empresas já têm metas estabelecidas, não sendo possível aceitar mudanças imediatas, como aponta o aluno 5:

> Como já comentei acima, o trabalho foi muito bom de ser realizado, mas a empresa não poderá utilizá-lo, pois suas metas de venda são montadas pela [...], tendo que ser vendido um pouco de cada marca, mesmo que esta não dê tanto retorno como a outra. Mas posso repassar o modelo matemático para clientes amigos meus utilizarem em seus bares (Aluno 5).

Diante do exposto, parece haver indícios de estabelecimento de algumas ações estratégicas, bem como a proposição de mudanças nos sistemas produtivos. No entanto, não há evidências suficientes para afirmar que tais metas e ações sejam ou tenham sido de fato implementadas nas empresas. Cabe ainda frisar que este também não foi um dos objetivos desta pesquisa.

5.10 OBSERVAÇÕES SIGNIFICATIVAS DOS TRABALHOS FINAIS E DO QUESTIONÁRIO

Em diversos momentos, os alunos puderam se manifestar livremente a respeito da modelagem da situação-problema, haja vista que o ambiente virtual de aprendizagem permitiu e facilitou a comunicação assíncrona[46]. As ferramentas e instrumentos utilizados foram o questionário semiestruturado, o trabalho de conclusão da disciplina ou mesmo *e-mails* enviados à pesquisadora durante o semestre. Julgou-se que esses depoimentos e resultados sejam relevantes e merecem destaque, pois têm alguma relação com os fundamentos abordados nesta pesquisa. A seguir, são descritos alguns apontamentos, por itens.

5.10.1 As sugestões de planos de ação e a capacidade de pensar estrategicamente

Um dos itens que perpassou pelas discussões em sala de aula, bem como nos trabalhos de conclusão, diz respeito à capacidade de pensar estrategicamente e estabelecer planos de ações. No quadro 13 do ANEXO XI, está a relação dos alunos e se estes apresentaram ou não um plano de ações.

Dos 58 alunos que apresentaram seu trabalho de conclusão, contendo a descrição da situação-problema, o respectivo modelo matemática e a solução, em torno de 59% também apontaram sugestões, como pode ser visto nos excertos a seguir:

> Bom, o meu problema inicial foi a comparação de dois produtos “chefes” na chapeação, o polimento e o espelhamento. Desde o primeiro problema o LINDO mostrou que o produto mais rentável era o polimento. Na segunda parte do trabalho realizei uma análise entre o polimento, espelhamento e a chapeação em pára-choque de automóveis, e novamente o serviço de polimento é o mais rentável, nas duas partes tivemos muita sobra de produtos, e se tivéssemos mais tempo teríamos condições de realizar mais serviço. Neste caso, é muito importante a **avaliação da questão das sobras** de produtos, isso porque para verificar se **as compras devem ser reduzidas** ou há necessidade de **aumentar a mão-de-obra**. Um item importante é a questão da sobra da tinta, este item não tem como ser reaproveitado para outro serviço, pois sempre os carros têm uma pequena diferença na cor. Acredito que para os sócios **mais uma pessoa auxiliando** na empresa seria interessante, pois desta forma eles terão mais tempo para

---

[46] Também foram permitidos esclarecimentos em sala de aula.

> **pensar e agir estrategicamente**, pois hoje o volume de demanda é muito grande o que exige muito dos sócios, mesmo que para alguns serviços a empresa terceirize a mão-de-obra (aluno 54) [grifos da autora].

Ao realizar uma análise em seu trabalho, o aluno 54 vislumbrou algumas ações de melhoria que explicitou claramente: “avaliação das sobras”, “aumento de mão-de-obra”, “redução de compras” e contratação de uma pessoa para “pensar e agir estrategicamente”.

Da mesma forma, o aluno 1 apresentou a sugestão ao término do seu trabalho:

> Com o resultado obtido, observa-se que não há tempo suficiente para a realização de todos os comerciais demandados. A coluna “Slack” traz os números de comerciais que faltariam para atender ao solicitado e o LINDO aponta quais devem ser feitos nesta condição para obter mais lucro.
> Realizando testes no programa, o LINDO também apontou o número de horas que serão necessárias para atender a demanda de comerciais solicitados. O modelo matemático que representa tal situação é o seguinte [...] Neste caso, o LINDO nos mostra que 655 minutos é o tempo suficiente para atender ao número de comerciais solicitados. Analisando o resultado obtido podemos dizer que uma das soluções para a empresa é a **contratação de mais um funcionário** [grifo da autora]. Tendo em mente que a empresa, apesar de estar com sua grade de programação completa, projeta crescimentos anuais, a contratação de mais um funcionário para o estúdio de gravação seria viável ainda que fosse por meio turno em um primeiro momento.

Cabe salientar que o aluno ainda fez menção ao *software* LINDO afirmando que o mesmo o auxiliou a encontrar dados relevantes para sua situação-problema: “A coluna ‘slack’ traz números de comerciais que faltariam”.

Outras sugestões dos alunos puderam ser observadas na área de vendas:

> A empresa deveria buscar tentar vender sua produção de produtos que não são fabricados sob medida para outras lojas da região que não trabalham com a confecção somente com a venda. Poderia analisar a possibilidade de contratação de mão de obra para atender tal demanda e a verificação do preço a ser repassado efetuando posteriormente novo cálculo a fim de verificar a viabilidade da operação (Aluno 19).

A área de estoque também recebeu alusão por meio dos três trabalhos a seguir: “Sobra na produção R$ 246,40 em condimentos, [...] a empresa deverá diminuir estoque, trabalhando com estoque mínimo” (Aluno 39).

A empresa, no momento atual, conta com orçamentos de apenas três empresas fornecedoras de matéria prima e que tem uma grande variação de preço entre uma e outra. A sugestão é fazer orçamentos com no mínimo seis empresas fornecedoras, o que consequentemente reduziria o custo de algumas matérias. A [...] Calçados Ltda. trabalha com sistema de orçamento fechado, ou seja, compra todos os produtos da empresa fornecedora que fizer o preço do pacote completo com o valor mais baixo. Isso deixa o custo de aquisição da matéria prima mais alta, pois dessa maneira está comprando alguns produtos com o preço mais alto. O ideal é fazer os orçamentos e comprar apenas os itens de menor valor de cada empresa fornecedora (Aluno 48).

> Sugere-se que a empresa melhore o sistema de estoques e compras de matéria prima, a fim de garantir um aproveitamento ideal da sua estrutura, maximizando assim o lucro da unidade. Outro ponto a considerar é que a empresa deve focar sua produção em portas semiocas, apesar do lucro por porta ser menor, no geral, produzindo em volume, aumenta a lucratividade da empresa, pois consome menos matéria prima e tem maior rendimento (Aluno 46).

O tempo ocioso também foi percebido pelo aluno 58:

> Há profissionais com tempo ocioso, estes podem ajudar na limpeza, fazendo a higienização de utensílios e instrumentos de trabalho, no atendimento direto ao cliente e telefônico, agilizando e controlando-os, organização do estabelecimento em geral, criação de novas ideias a serem utilizadas para satisfazer a necessidade da demanda, como também para expansão do negócio, marketing entre outras coisas.

A capacidade de pensar estrategicamente, realizando simulações ou simplesmente o exercício de pensar no “se”, também perpassou alguns trabalhos como se pode observar nas falas a seguir:

> Outra análise a ser feita é **se** fosse alterado o perfil dos caminhões (por exemplo, ao invés de ter 8 caminhões com capacidade de 10 pallets, aumentar para 12 e eliminar os de 8 pallets) como ficaria o custo. Com isso pode-se analisar a substituição de caminhões para redução dos custos (Aluno 10).

“Agora, se invés de demanda mínima tivéssemos demanda máxima, qual seria o *mix* mais lucrativo?” (Aluno 34); “ E se colocar-se nas restrições tanto demanda mínima quanto máxima, qual seria o *mix* mais lucrativo?” (Aluno 34)

“Se fosse pegar truque em vez de carreta, para cada um o frete sofreria um custo a mais de R$ 56,37 para Porto Alegre, R$ 66,82 para Caxias do Sul e R$ 48,95 para Florianópolis” (Aluno 41).

> Pode-se perceber que **se** comprássemos tambores da empresa 4 – Tecnotam, o tipo de tambor 1 teríamos a cada tambor adquirido um custo de R$ 47,00 a mais, já no caso do tambor 2 teríamos o custo a mais por tambor de R$ 21,00 (Aluno 37).

> Após fazer várias simulações de aumento da receita bruta (R$35.000,00, R$35.500,00, R$36.000,00) verifiquei que **se,** por exemplo, a Instituição adotar o modelo matemático acima, aonde a sua receita será de 36.200,00, o seu custo para manter as turmas será de R$29.900,00, ou seja haverá um aumento de 5,85% de receita, enquanto o seu custo aumentará 4,91% (Aluno 56).

> Considero a proposta viável, sendo que a baixa do estoque deverá ser **testada**, pois os produtos a serem utilizados na fabricação sofrem variações no seu preço dependendo do câmbio (Aluno 39).

Possibilidades de futuras aplicações também foram apresentadas:

> Como sugestão, proponho que seja criado um modelo mais completo que considere todas as alternativas de saque até o limite de R$ 500,00, que, hoje é considerado o valor máximo. Ainda, que seja incluído no modelo outras cédulas, como a de R$ 20,00 e de R$ 100,00. Com o modelo completo, será possível avaliar com base em um histórico mais longo qual é o valor e a melhor alternativa de abastecimento para todos os dias da semana. Isso evitaria que os Cashs fossem abastecidos com valores exagerados o que aumenta consideravelmente o valor total do seguro (Aluno 11).

5.10.2 O uso do *software* LINDO

Conforme mencionado no capítulo introdutório, o gerenciamento do mundo dos negócios é algo dinâmico, exige rapidez de solução e precisão nas respostas dos problemas existentes. É neste sentido que o *software* LINDO pode auxiliar os gestores nas empresas a tomar decisões mais rápidas, precisas e com base científica, não intuitiva. Os excertos dos alunos a seguir comprovam a importância vislumbrada do referido *software*: “Ao final do problema, os erros de solução que o LINDO apresentava deixava claro onde estava o problema do meu modelo matemático, a falta de tempo. E justamente isso era o que eu queria comprovar”

(Aluno 1), referindo-se ao seu problema que tinha como meta mostrar à direção que não seria possível editar os vários programas no tempo determinado pela empresa.

O aluno 6 ressaltou a importância da rapidez e precisão do LINDO ao afirmar:

> Os resultados trouxeram de forma rápida a solução do problema, que muitas vezes, na prática há maior perda de tempo. Com isso, foi de grande auxilio para a organização, que poderia utilizá-lo para gerenciar suas compras. A organização atua no ramo de informática há mais de dez anos, trabalhando com venda e assistência técnica. Através da observação do método de compra, **foi possível desenvolver o problema e encontrar soluções rápidas e precisas através do Lindo** [grifo da autora] (Aluno 6).

Da mesma forma, enfatiza o aluno 18: “Se isto fosse feito sem o auxílio de um *software* matemático, levaria um grande tempo, e ainda assim **não teria segurança na resposta que chegaria**” [grifo da autora]. Ainda o aluno 56 “[...] com o auxílio de *software*, como, por exemplo, o LINDO temos a resposta para o nosso problema em **poucos minutos** [grifo da autora].

Concluindo seu trabalho, o aluno 53 destacou:

> O uso de ferramentas como o Lindo é cada vez mais necessário na tomada de decisões das empresas, pois permite que a ação seja testada antes de realmente executá-la, eliminam-se desperdícios, custos desnecessários, retrabalho e demora na tomada de decisões.

O aluno 30 ressaltou a capacidade do LINDO em contemplar características citadas por Goldbarg (2000), Caixeta Filho (2004) e Lachtermacher (2007): proporcionalidade, aditividade e separabilidade:

> Observa-se que, mesmo quando a margem de retorno é maior, analisando somente o preço de venda e matéria prima, nem sempre o produto é o mais lucrativo efetivamente. Se não tivesse efetuado cálculos por meio das ferramentas utilizadas como o Modelo Matemático e LINDO seria capaz de a empresa dar foco somente para aquele que parece ter a margem de lucro maior.

5.10.3 O processo de modelagem sob a ótica dos alunos

Biembengut, Hein e Dorow (2007), numa compilação de teses e dissertações apresentadas no período de 1976 a 2007, mencionam que os resultados destas pesquisas apontam como vantagem no processo da modelagem matemática o aumento do interesse dos alunos frente a uma matemática aplicada. Outro estudo de Biembengut e Schimitt (2007), em relação a pesquisas apresentadas na Conferência do *Study Group* 14, também cita que a modelagem pode favorecer o processo cognitivo, visto que permite formar imagens e conceitos. Facilita ao aluno visualizar uma suposta aplicabilidade e utilidade para a matemática e é um bom método de pesquisa.

Entre as vantagens apontadas pelos alunos, a que está fortemente corroborando as afirmações dos autores acima referidos é a aplicabilidade e a utilidade da matemática, como mostram os excertos a seguir:

> Os resultados finais do meu problema não alteraram as condições iniciais, tendo em vista que de certa forma um se tornou complemento do outro, pois se tratam de duas situações distintas, a situação problema de certa forma apresentou um crescimento gradativo conforme a realidade da organização, isso mostra a facilidade que se tem ao empregar os modelos matemáticos nas mais diversas situações (Aluno 15).

> O estudo foi feito em um salão de beleza, onde todos os profissionais fazem somente um tipo de serviço, então foi analisada a quantidade de clientes que todos os profissionais conseguem atender num dia, considerando o lucro e o tempo. Assim o modelo matemático pode mostrar os pontos ineficazes da gestão (Aluno 58).

> Por fim, podemos dizer que a área de Pesquisa Operacional, fornece ao empresário, ou gestor, o que de mais importante ele pode necessitar na tomada de decisão, a informação, pois ela que irá guiar os caminhos das empresas e sem as mesmas as organizações passam a vagar por caminhos indefinidos e sombrios, comprometendo seu desempenho e conseqüentemente seus resultados (Aluno 15).

> Com a finalização do trabalho, conclui que foi de grande importância esta nossa disciplina de Pesquisa Operacional, visto que pode ser aplicada no nosso dia-a-dia e em várias situações. Acredito que surgirão novas oportunidades onde poderemos usufruir de *softwares* para alcançarmos um determinado resultado (Aluno 24).

> A partir do que foi mencionado e dos resultados obtidos com os modelos matemáticos, pode-se perceber claramente a importância da Pesquisa Operacional na tomada de decisões por parte dos gestores de uma organização e, também, a flexibilidade dos modelos em se adaptarem à real situação (Aluno 34).

“Espera-se que a empresa busque, a partir desta análise, utilizar mais este tipo de recurso, Modelos Matemáticos, os quais podem simplificar e resolver muitos problemas internos” (Aluno 46).

Com relação ao trabalho organizado ao longo do semestre e cuja ênfase está na modelagem matemática, os alunos ainda citaram:

> A disciplina de PO, nos mostra que é muito simples avaliar na prática os problemas que podem estar ocorrendo nas empresas. Através de softwares práticos, como o LINDO, é possível detectarmos problemas ocorrentes deste o gerenciamento de estoques até o administrativo. Assim sendo o trabalho foi produtivo, possibilitando sugerir melhorias dos processos e operações da empresa (Aluno 21).

> Ao final deste trabalho proposto pela disciplina de Pesquisa Operacional e após aplicá-la na empresa, percebo que o resultado encontrado com este, será muito válido e provavelmente usado para futuras análises. Acredito que, de posse do resultado encontrado com esta pesquisa, posso apresentar a diretoria da cooperativa, bem como aos responsáveis pelo setor, sugestões de melhorias e redução significativa de custos (Aluno 12).

Com relação ao trabalho de conclusão específico, os comentários foram:

> Através do trabalho realizado pude vivenciar um pouco da rotina administrativa da empresa, conseguindo decifrar um enigma, que muitos empresários não conseguem ver; o enigma de qual dos produtos feitos pela mesma alcançam o maior lucro para ela. Além de auxiliar a empresa também adquiri enorme conhecimento e aprofundamento, durante o estudo, sobre a importância dessa disciplina no currículo do curso (Aluno 2).

> O trabalho realizado, assim como o decorrer de toda a disciplina foi de grande valia para mim, pois contribuiu com novas informações e novos conhecimentos que com certeza contribuíram para minha formação acadêmica e também profissional já que estas teorias são aplicáveis ao cotidiano das empresas (Aluno 55).

> Com a elaboração deste trabalho, podemos verificar a importância da Pesquisa Operacional que é a ciência voltada para a resolução de problemas reais, tendo como foco a tomada de decisões. Uma característica importante da pesquisa operacional e que facilita o processo de análise e de decisão é a utilização de modelos. Eles permitem a experimentação da solução proposta (Aluno 54).

Merece destaque a relação que os alunos estabeleceram entre seu cotidiano de trabalho e a matemática, como a expressa pelo aluno 50: “Continuo elaborando um pouco melhor... ainda não está pleno [referindo-se ao seu problema intermediário, durante a construção]. Adorei fazê-lo. A programação linear é uma ferramenta que me faltava para o dia-a-dia".

Os excertos anteriores também apontam que os alunos perceberam a importância da disciplina para sua formação como administradores, pois auxilia a estabelecer uma pré-disposição para aprender, condição necessária para que ocorra a aprendizagem significativa. Embora sejam recorrentes as falas quanto às vantagens percebidas, os alunos também encontraram obstáculos, expressos a seguir.

5.10.4 As dificuldades encontradas

Levando em consideração a realidade dos alunos trabalhadores, foco desta pesquisa, pode-se entender dificuldades como as relatadas abaixo:

> A ideia surgiu por acaso durante uma conversa informal. A solução do problema não se mostrou complicada, porém muito trabalhosa. Tive de limitar o problema para saques até R$ 100,00 senão não conseguiria terminar a tempo [o trabalho] (Aluno 11).

> Meu problema inicial foi definir qual o problema fazer em que área não tinha muita noção em desenvolver o modelo, fiz algumas pesquisas e perguntando para os colegas de trabalho me deram uma luz. [...] fiquei em duvida, [...] ainda tenho alguma dificuldade em interpretação dos problemas (Aluno 44).

A primeira dificuldade tem relação com a falta de tempo do aluno para realizar a pesquisa e os cálculos, enquanto a segunda retrata a insegurança do aluno 44 a respeito da abstração de situações-problema. Em diversos *e-mails* ao longo do semestre isso também foi perceptível, como o do aluno 20 "prof da uma olhada na terceira situação [novo modelo matemático] que eu terminei, como ficou! obrigado"; do aluno 13 "Estou enviando o resultado da questão para que a professora dê uma olhada e me diga se está correto; "Desculpe te interromper novamente, mas preciso do teu conhecimento outra vez, não consigo interpretar, ou seja colocar no papel o resultado obtido pelo LINDO, será que poderias me dar uma luz?" (Aluno 43)

Os dados obtidos suscitaram múltiplas possibilidades de análise. No entanto, algumas foram priorizadas, outras poderão fomentar novas pesquisas ou elaboração e publicação de artigos científicos. No resumo a seguir, estão sintetizados os principais resultados da pesquisa.

Quadro 8 – Resultados encontrados

Hipótese 1: nem todos os alunos do curso de Administração têm conhecimentos prévios de proporcionalidade e capacidade de equacionar algebricamente situações-problema.	Hipótese 2: Organizadores avançados podem auxiliar na aquisição de subsunçores.	Hipótese 3: O modelo matemático final apresenta maior número de variáveis se comparado ao inicial.	Hipótese 4: O modelo matemático final apresenta maior número de restrições se comparado ao inicial.	Hipótese 5: O modelo matemático final apresenta parâmetros mais precisos se comparado ao inicial.	Hipótese 6: Ao término do processo de modelagem matemática, o aluno de Administração deve ser capaz de propor: a) alterações quantitativas nas limitações das restrições; b) alterações quantitativas nos parâmetros das variáveis da função objetivo; c) inclusão de restrições que levem em consideração mercado de trabalho, mercado consumidor, sazonalidades entre outras relativas à gestão de negócios; d) elaboração e apresentação à diretoria da empresa de um plano de ações com propostas de melhorias.	Hipótese 7: o mapa conceitual final de modelo matemático tem mais conceitos e frases de ligação se comparado ao inicial. Serve para evidenciar conscientização do aluno acerca do uso de modelos matemáticos para sua formação profissional.	Hipótese 8: alunos do curso de Administração aprendem através dos processos cognitivos, diferenciação progressiva e reconciliação integradora.	Hipótese 9: há correlação entre o aumento do número de variáveis e restrições e o acréscimo de conceitos nos mapas conceituais.

Relação com a teoria de Ausubel (1968,2003): existência de subsunçores.	Relação com a teoria de Ausubel (1968,2003): organizadores avançados.	Categorias avaliadas: capacidade de reconhecer e de definir problemas e capacidade de equacionar soluções. Relação com a teoria: exigências previstas na legislação do curso de Administração (Projeto Pedagógico do Curso). Teoria da modelagem matemática (Biembengut, 2003; Barbosa, 2001; Bassanezi, 2002).	Categorias avaliadas: capacidade de pensar estrategicamente e capacidade de introduzir modificações no processo produtivo. Relação com a teoria: exigências previstas na legislação do curso de Administração (Projeto Pedagógico do Curso). Teoria da modelagem matemática (Biembengut, 2003; Barbosa, 2001; Bassanezi, 2002).	Relação com a teoria de Ausubel (1968, 2003): observação de indícios dos processos cognitivos, diferenciação progressiva e reconciliação integradora.	Relação com a teoria: Estatísitca descritiva Crespo (1995).
Metodologia: pré-teste.	Metodologia: pós-teste.	Metodologia: comparação dos modelos matemáticos finais (MMF) e iniciais (MMI).	Metodologia: questionário semi-estruturado, modelo matemático final e mapas conceituais finais.	Metodologia: o questionário semi-estruturado.	Metodologia: Teste de correlação de Pearson aplicada a variáveis resultantes dos modelos matemáticos e dos mapas conceituais.

Resultado encontrado: os subsunçores relacionados à "capacidade de reconhecer e resolver uma regra de três simples e diretamente proporcional" estão presentes na maioria dos alunos. Os subsunçores relacionados à "capacidade de representar algebricamente" e "capacidade de representar graficamente uma inequação", "capacidade de resolver um sistema de equações" e "capacidade de operar com o *software* LINDO" estão ausentes na maioria do grupo.	Resultado encontrado: s organizadores avançados estão adequados aos seus propósitos e serviram para estabelecer relações entre aquilo que o aluno já sabe o e que deveria saber.	Resultados encontrados: a maioria dos modelos matemáticos finais tem um número maior de variáveis e restrições se comparados com os iniciais. Entre os alunos que mudaram de situação-problema, estes índices são mais representativos. O percentual de crescimento foi maior no número de restrições se comparado com as variáveis. Os parâmetros se tornaram mais precisos para aqueles alunos que aumentaram o número de restrições e variáveis, pois o modelo matemático traduz sua respectiva situação-problema.	Resultado encontrado: a maioria dos mapas conceituais finais tem mais conceitos e frases de ligação se comparados aos iniciais. Os novos conceitos incluídos estão relacionados à gestão, à tomada de decisão, à área administrativa em geral. Os mapas conceituais evoluíram diferentemente, de aluno para aluno. Poucos alunos simularam novas situações alterando os limites das restrições e os parâmetros da função objetivo. Apresentaram sugestões relatando possíveis novos modelos através da palavra "se". A inclusão de novas restrições foi percebida mais fortemente, assim como a elaboração de um plano de gestão (58% dos alunos elaboraram um plano de gestão e o apresentaram ou pretendem apresentar para a empresa.	Resultado encontrado: não há recorrências suficientes para provar que os alunos usam os processos cognitivos diferenciação progressiva e reconciliação integradora, embora haja alguns indícios.	Resultado: Nada se pode afirmar com relação à correlação entre o aumento do número de conceitos e o aumento no número de variáveis. Nada se pode afirmar com relação à correlação entre o aumento no número de conceitos e o aumento no número de restrições. No entanto, há uma correlação fraca entre o aumento no número de variáveis e o aumento no número de restrições.

Fonte: Elaborado pela autora

A partir deste quadro resumo, no capítulo a seguir, estão tecidas as considerações finais desta pesquisa.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE CONTINUIDADE

A atividade de modelagem de situações-problema é uma atividade já realizada na disciplina pela autora desta pesquisa há mais de cinco anos com diferentes alunos. No entanto, os dados eram apenas conhecidos parcialmente, empíricos, embora fosse observada alguma evidência de aprendizagem significativa. Supostamente, os alunos conseguiam apreender a organização lógica subjacente ao material, fazendo corresponder na estrutura psicológica a estrutura lógica do conhecimento científico. Mas era necessário um estudo mais amplo e científico, e neste sentido, a pesquisa realizada corroborou algumas observações empíricas, mas também mostrou realidades antes não vistas e desfez algumas crenças por meio de correlações entre modelos matemáticos e mapas conceituais que não se estabeleceram.

Com relação aos objetivos propostos:

a) Adaptar o conceito de aprendizagem significativa de Ausubel para as necessidades do curso de Administração: as recorrências nos pré-testes, nos semestres 2008 A e 2008 B, confirmaram a inexistência dos subsunçores relacionados à *capacidade de representar algebricamente uma inequação*, *capacidade de representar graficamente uma inequação*, *capacidade de resolver um sistema de equações* e *capacidade de operar com o software LINDO*. Os subsunçores relacionados à *capacidade de resolver uma regra de três diretamente proporcional* e *capacidade de reconhecer problemas diretamente proporcionais* se fizeram presentes e foram solucionados por meio da aritmética pela maioria dos alunos. Os organizadores avançados (AUSUBEL, 2003) – exercícios de revisão de álgebra e problemas de modelagem nível I (BARBOSA, 2001) – constituíram -se num importante mecanismo pedagógico. A instrumentalização dos alunos para o uso do *software* LINDO, ocorrido por meio da aprendizagem por recepção (AUSUBEL, 2003), também constituiu-se como uma boa estratégia. Há apenas alguns indícios de ocorrência dos processos cognitivos diferenciação progressiva e reconciliação integradora.

b) Desenvolver conhecimento estabelecendo relações entre o processo de modelagem matemática e a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel:

O ambiente de modelagem matemática do tipo nível 3 (BARBOSA, 2001) favoreceu a observação de aprendizagem significativa da programação linear na medida em os alunos abstraíram e resolveram situações-problema empresariais com o auxílio do *software* LINDO, desenvolvendo um novo subsunçor relacionado à capacidade de modelar situações-problema empresariais.

c) Comparar modelos matemáticos iniciais e finais dos alunos e analisar, por meio de questionário semiestruturado, mudanças nas categorias: a) capacidade de reconhecer e de definir problemas; b) capacidade de equacionar soluções; c) capacidade de pensar estrategicamente; d) capacidade de introduzir modificações no processo produtivo:

Os modelos matemáticos finais evoluíram, na maioria dos casos, apresentando mais variáveis e restrições. Por meio dos modelos matemáticos, também foi possível observar algumas evidências em relação às exigências profissionais do administrador como a capacidade de reconhecer e de definir problemas e equacionar soluções e a capacidade de pensar estrategicamente e de introduzir modificações no processo produtivo. No entanto, cabe ressaltar que os modelos matemáticos ilustram o conhecimento que o aluno tem. Logo, são diferentes, têm níveis diferentes e refletem a idiossincrasia no processo ensino-aprendizagem, como postulam Moreira (2005) e Biembengut (2003). A implementação de novas ações por parte dos alunos também tem relação com sua condição profissional, haja vista que a maioria dos alunos modelou sua situação-problema na empresa em que atuava profissionalmente, mesmo não tendo poder de decisão.

Ainda é importante salientar que uma das habilidades e competências necessárias ao administrador é adquirir a capacidade de generalização de determinados tipos de problemas organizacionais para aplicar em outras situações-problema. No entanto, as referidas habilidades não foram avaliadas neste estudo, constituindo-se assim, numa das limitadas da pesquisa.

d) Observar na produção de mapas conceituais iniciais e finais mudanças no conceito modelo matemático e evidenciar conscientização dos alunos acerca do uso de modelos matemáticos para sua formação profissional:

A maioria dos mapas conceituais finais tem mais conceitos e frases de ligação se comparados aos iniciais. Conceitos incluídos estão relacionados à gestão, à tomada de decisão, à área administrativa em geral e não à nomenclatura dos modelos matemáticos. Os mapas conceituais evoluíram diferentemente de aluno para aluno. Poucos alunos simularam novas situações alterando os limites das restrições e os parâmetros da função objetivo. Apresentaram sugestões relatando possíveis novos modelos através da palavra “se”. A inclusão de novas restrições foi percebida mais fortemente, assim como a elaboração de um plano de gestão (58% dos alunos elaboraram um plano de gestão e o apresentaram ou pretendem apresentá-lo à empresa.

e) Comparar os modelos matemáticos com os mapas conceituais para avaliar possíveis correlações entre o aumento do número de variáveis e restrições e o acréscimo de conceitos nos mapas conceituais:

As mudanças observadas nos mapas, especificamente o aumento do número de conceitos, não estão refletidas nas evoluções dos modelos matemáticos. A correlação entre o aumento do número de restrições e variáveis e o aumento no número de conceitos não é significativa. Cabe apresentar como continuidade da pesquisa, a busca de novas metodologias para corroborar ou não estas afirmações e sugere-se avaliar se os subsunçores necessários para representar conceitos em mapas e modelos matemáticos são diferentes.

Ao final do trabalho, postulam-se novos estudos, quais sejam:

a) Os instrumentos utilizados nesta pesquisa não apresentaram recorrências suficientes para visualizar a forma como os alunos organizaram sua estrutura cognitiva ou quais processos cognitivos utilizaram. Sugere-se uma nova pesquisa com instrumentos diferentes para a observação da reconciliação integradora e da diferenciação progressiva.

b) Outra possibilidade de pesquisa é avaliar se o tempo de experiência profissional ou a idade do aluno têm alguma relação com a evolução dos modelos matemáticos ou com as mudanças nos mapas conceituais.

c) Poder-se-ia também verificar se a relação profissional com a empresa na qual realizaram sua pesquisa (ser dono do empreendimento ou encarregado de setor ou simplesmente funcionário) tem alguma influência no processo de modelagem.

d) analisar, por meio de novos estudos, a capacidade de generalização dos alunos de administração de tipos de problemas organizacionais para outras situações-problema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. M. W. Modelagem matemática e formação de professores. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA REGIÃO SUL, 5., 2004, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2004. 1 CD-ROM.

ALMEIDA, L. M. W. Modelagem matemática em sala de aula: em direção à educação matemática crítica. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 3., 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: UNIMEP, 2003. 1 CD-ROM.

ALMEIDA, L. M. W.; BORSSOI, A. H. Modelagem matemática do processo de purificação da água: um estudo visando aprendizagem significativa em um curso de química. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 3., 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: UNIMEP, 2003. 1 CD-ROM.

ALMEIDA, L. M. W.; BORSSOI, A. H. Modelagem matemática e aprendizagem significativa: uma proposta para o estudo de equações diferenciais ordinárias. **Educação Matemática Pesquisa.** PUC/SP, v. 6, n. 2, p. 91-122, 2004.

ALMEIDA, L. M. W.; DIAS, M. R. Modelagem matemática e a formação de professores: um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 8., 2004, Recife. **Anais...** Recife: SBEM, 2004. 1 CD-ROM.

ALMEIDA, L. M. W.; DIAS, M. R. Modelagem matemática na licenciatura em matemática: contribuições para o debate. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 2., 2003, Santos. **Anais...** São Paulo: SBEM, 2003. 1 CD-ROM.

ALMEIDA, L. M. W.; FERRUZZI, E. C. Consumo de energia elétrica no horário de verão: modelagem matemática no ensino tecnológico. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 3., 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: UNIMEP, 2003. 1 CD-ROM.

ALMEIDA, L. M. W.; FIDELIS, R. Uma investigação sobre as concepções que os futuros professores de matemática possuem acerca da modelagem matemática. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ESTUDANTES DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 7., 2003, Rio Claro. **Anais...** Rio Claro: Universidade Estadual Paulista Julio Mesquita Filho, 2003. v. único.

ALMEIDA, R. N.; PASSOS, C. L. B. Saberes docentes mobilizados por professores de matemática quando trabalham ou desenvolvem com seus alunos projetos com características de modelagem matemática. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 5., Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: UFOP/UFMG, 2007. 1 CDROM.

ANDRADE, E. L. **Introdução à pesquisa operacional**. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

ARAÚJO, J. de L. Situações reais e computadores: os convidados são igualmente bem-vindos? **Bolema**, Rio Claro, v. 19, p. 1-18, 2003.

ARENALES, M. et. al. **Pesquisa operacional**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

AUSUBEL, D. P. Algunos aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento. In: ELAM, S. **La educacion y la estructura del conocimiento**. Buenos Aires: El ateneo, 1973. p. 211-238.

AUSUBEL, D. P. **Educational psychology:** a cognitive View. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

AUSUBEL, D.P. **Aquisição e retenção de conhecimentos:** uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

AUSUBEL, D.P., NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BAGATINI, A. **Proposta de um modelo matemático para uma cooperativa de crédito – Sicredi Lajeado.** 2005. 74f. Monografia. (Graduação) – Curso de Administração). Centro Universitário Univates, Lajeado, 2005.BARASUOL, F. F. Modelagem matemática: uma metodologia alternativa para o ensino da matemática. **UNIrevista**, São Leopoldo, v. 1, n. 2, p. 1-6, 2006. Disponível em: <http://www.unirevista.unisinos.br/_pdf/UNIrev_Rosa.pdf.> Acesso em: 30 nov. 2007.

BARBOSA, J. C. Mathematical modelling in classroom: a critical and discursive perspective. **ZDM. Zentralblatt für Didaktik der Mathematik**, Karlsruhe, v. 38, n. 3, p. 293-301, 2006.

BARBOSA, J. C. Modelagem matemática e os futuros professores**.** In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 25., 2002, Caxambu. **Anais**... Caxambu: ANPED, 2002. 1 CD-ROM.

BARBOSA, J. C. Modelagem matemática e os professores: a questão da formação. **Bolema**, Rio Claro, n. 15, p. 5-23, 2001. Disponível em: <http://joneicb.sites.uol.com.br/bolema.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2007.

BARBOSA, J. C. Modelagem Matemática: O que é? Por que? Como? **Veritati**, Salvador, n. 4, p. 73-80, 2004a.

BARBOSA, J. C. **Relação dos professores com a modelagem matemática**. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 8., 2004b, Recife. **Anais...** Recife: SBEM, 2004. 1 CD-ROM.

BARBOSA, J. C.; ARAÚJO, J.; ALMEIDA, L. M. A. **Modelagem matemática e a formação do professor.** In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 8., 2004, Recife. **Anais...** Recife: SBEM, 2004. 1 CD-ROM

BARBOSA, J. C.; SANTOS, M. A. Modelagem matemática, perspectivas e discussões. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 9, Belo Horizonte. **Anais**... Recife: Sociedade Brasileira de Educação Matemática, 2007. 1 CD-ROM.

BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática:** uma nova estratégia. São Paulo: Contexto, 2002.

BASSANEZI, R. C. Modelagem matemática. **Dynamis**, Blumenau, v. 1, n. 7, abr./jun., 1994.

BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V. **Ensino de engenharia.** Florianópolis: UFSC, 2000.

BELINE, W.; CECCATTO, T. C.; REIS, J. M. dos. Venda de aparelhos celulares no Brasil e a modelagem matemática: em busca de um modelo matemático. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 5., Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: UFOP/UFMG, 2007. 1 CD ROM.

BELLO, S. E. L.; BASSOI, T. S. A pedagogia de projetos para o ensino interdisciplinar de matemática em cursos de formação continuada de professores. **Educação Matemática Em Revista**, São Paulo, v. 15, dez. 2003, p. 29-38, 2003.

BERRY, J.; O'SHEA, T. Assessing mathematical modelling. **International Journal of Mathematical Education Sciense and Tecnology**, Londres, v. 13, n. 6, 1982.

BIEMBENGUT, M. S. **Modelagem matemática no ensino**. São Paulo: Contexto, 2003.

BIEMBENGUT, M. S. **Qualidade de ensino de matemática na engenharia:** uma proposta metodológica e curricular, 1997. 302 f.Tese (Doutorado) Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

BIEMBENGUT, M. S.; DOROW, K. C.; HEIN, N. Mapeamento das pesquisas sobre modelagem matemática no ensino brasileiro: análise das dissertações e teses desenvolvidas no Brasil. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 5., Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: UFOP/UFMG, 2007. 1 CD-ROM.

BIEMBENGUT, M. S.; HEIN, N. O cálculo da cubagem da madeira: contribuição para o ensino da matemática. **Revistas Exatas,** Chapecó, v. 2, p. 51-60, 1998.

BIEMBENGUT, M. S.; SCHIMITT; A. L. F. Mapeamento das pesquisas sobre modelagem matemática no cenário mundial: análise dos trabalhos apresentados no 14º Grupo de Estudo do Comitê Internacional de Educação Matemática STUDY GROUP, 14 - ICMI. **Dynamis** (Blumenau), v. 13, p. 11-20, 2007.

BISGONIN, E.; FERREIRA, M. V.; BISGONIN, V. Uma experiência com modelagem matemática em curso de formação de professores. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 5., Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: UFOP/UFMG, 2007. 1 CD-ROM.

BLUM, W. Applications and modelling in mathematics teaching and mathematics education: some important aspects of practice and of research. In: SLOVER, C. et al. **Advances and perspectives in the teaching of mathematical modeling and applications**. Yorklyn: Water Street Mathematics, 1995.

BORBA, M. C.; BOVO, A. A. Modelagem em sala de aula de matemática: interdisciplinaridade e pesquisa em biologia. **Revista de Educação Matemática** – SBEM, São Paulo, ano 8, n. 6-7, p. 27-34. 2001-2002.

BORBA, M. C.; MENEGHETI, R. C. G.; HERMINI, H. A. Modelagem, calculadora gráfica e interdisciplinaridade na sala de aula de um curso de ciências biológicas. **Revista de Educação Matemática**, São Paulo, v. 2, n. 3, p. 63-70, 1997.

BURAK, D. **Modelagem matemática:** uma metodologia alternativa para o ensino de matemática na 5ª série. 1987. 186 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) –Instituto de geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1987.

CAIXETA FILHO, J. V. **Pesquisa operacional:** técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

CALDEIRA, A. D. Modelagem em educação matemática e os novos desafios das licenciaturas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 2., 2003b, Santos. **Anais...** São Paulo: SBEM, 2003. 1 CD-ROM

CALDEIRA, A. D. Modelagem matemática e educação ambiental na formação de professores das séries iniciais. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 4., 2005, Feira de Santana. **Anais.**.. Feira de Santana, BA: CNMEM, 2005. 1 CD-ROM.

CALDEIRA, A. D. Modelagem matemática e suas implicações na prática docente. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 3., 2003a, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: UNIMEP, 2003. 1 CD-ROM.

CALDEIRA, A. D. Modelagem matemática na formação do professor de matemática: desafios e possibilidades. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA REGIÃO SUL, 5., 2004, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2004. 1 CD-ROM.

CALDEIRA, A. D. Uso da modelagem matemática na formação do professor de matemática. In**:** ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 7., Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBEM, 2001. 1 CD-ROM.

CALDEIRA, A. D.; MEYER, J. F. C. A. Educação matemática e ambiental: uma proposta de formação continuada e de mudanças. **Zetetiké**, São Paulo, v. 9, p. 155-170, 2001.

CAMPELLO, R..; MACULAN, N. **Algoritmos e heurísticas**. Rio de Janeiro: UFF, 1994.

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES. **Projeto Pedagógico**: Curso de Administração. Lajeado: UNIVATES, 2007.

CESA, A. C. P.; MEURER, V. C. Modelagem matemática na prática de ensino. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 3., 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: UNIMEP, 2003. 1 CD-ROM.

CHIAVENATO, I.. **Introdução à teoria geral da administração.** 4. ed. São Paulo: McGraw-Hill 1993. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Teoria_matem%C3%A1tica_da_administra%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 30 nov. 2007.

COLL, C. et al. **O construtivismo na sala de aula**. São Paulo: Ática, 2001.

CRESPO, A. A. **Estatística fácil**. São Paulo: Saraiva, 1995.

CURY, H. N. Modelagem matemática e problemas em ciências: uma experiência em um curso de mestrado. **Revista Perspectiva** (URI), Erechim, v. 27, n. 98, p. 75-86, jun, 2003.

D'AMBÓSIO, U. **Da realidade à ação:** reflexões sobre educação e matemática. Campinas: UNICAMP, 1986.

DÁVALOS, R. V. Uma abordagem do ensino de pesquisa operacional baseada no uso de recursos computacionais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22., Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABEPRO, 2002. Disponível em: http://<www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR111_0240.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2008.

DIAS, M. R. **Formação de professores e modelagem matemática**. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 8., 2004, Recife. **Anais...** Recife: SBEM, 2004. 1 CD-ROM.

DIAS, M. R. Professores e modelagem matemática: concepções e aspirações. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ESTUDANTES DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 7., 2003, Rio Claro. **Anais...** Rio Claro: Universidade Estadual Paulista Julio Mesquita Filho, 2003. v. único.

DINIZ, L. N. O papel da informática na simulação e previsão de informações quantitativas no desenvolvimento dos projetos de modelagem matemática. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 5., Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: UFOP/UFMG, 2007. 1 CDROM.

DINIZ, L. N.; MALHEIROS, A. P. S.; BARBOSA, M. H. G. **Diferentes visões de professores para um trabalho de modelagem**. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 4., 2005, Feira de Santana, BA. **Anais**... Feira de Santana, BA: CNMEM, 2005. 1 CD-ROM.

DUTRA, Í. M. et al. Blog, wiki e mapas conceituais digitais no desenvolvimento de projetos de aprendizagem com alunos do ensino fundamental. **Novas tecnologias na Educação,** Porto Alegre, v. 4, n. 2, 2006b.

DUTRA, Í. M. et al. Uma base de dados para compartilhamento de experiências no uso de mapas conceituais no acompanhamento de processos de conceituação. **Novas tecnologias na Educação,** Porto Alegre, v. 4, n. 2, 2006a.

DUTRA, Í. M.; FAGUNDES, L. C.; CAÑAS, A. J. Un enfoque constructivista para el uso de mapas conceptuales en educación a distancia de profesores. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCEPT MAPPING, 1., 2004, Pamplona, Navarra - Espanha, **Anais...** Pamplona, Spain: Universidad Pública de Navarra, 2004.

FARIA, W. **Mapas conceituais:** aplicações ao ensino, currículo e avaliação. São Paulo: EPU, 1995.

FERREIRA, D. H. L. Modelagem matemática no curso de licenciatura em matemática: uma experiência**.** In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 5., Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: UFOP/UFMG, 2007. 1 CD-ROM.

FIORENTINI, D. Brazilian research in mathematical modelling. In: GT-17/ICME-8, 1996, Sevilha, Espanha, 1996. **Anais ...** Sevilha, Espanha, 1996. 20 p. mimeo.

FREIDEMANN, C. P.; BARBOSA, J. C.; ALMEIDA, L. M. W. Modelagem matemática e formação de professores. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 4., 2005, Feira de Santana, BA. **Anais.**.. Feira de Santana, BA: CNMEM, 2005. 1 CD-ROM.

GAGNÉ, R. M. **Como se realiza a aprendizagem**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1974.

GAZZETA, M. **A modelagem como estratégia de aprendizagem da matemática em cursos de aperfeiçoamento de professores**. 1989. 150 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1989.

GOLDBARG, M. C. **Otimização combinatória e programação linear**: modelos e algoritmos. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

GRANGER, G. **A razão**. 2. ed. São Paulo: Difusão Europeia do Livro, 1969.

GURGEL, C. M. A. Modelagem matemática e formação de professores: subsídios para uma educação matemática. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 3., 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: UNIMEP, 2003. 1 CD-ROM.

HARRES, J. B. S. **Concepções de professores sobre a natureza da ciência.** 1999. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Pontifícia Universidade Católica, Porto Alegre, 1999.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introduction to operations research**. 6. ed. Nova York: McGraw-Hill, 1995.

HINTERHOLZ, E. **O mix de serviços que maximiza o lucro de um salão de beleza.** 80 p. Monografia. (Graduação) – Curso de Administração. Centro Universitário Univates, 2005.

JACOBINI, O. R. Os recursos do excel no apoio às técnicas estatísticas utilizadas em projetos de modelagem. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 4., 2005, Feira de Santana, BA. **Anais.**.. Feira de Santana, BA: CNMEM, 2005. 1 CD-ROM.

JACOBY, S. L. S.; KOWALIK, J. S. **Mathematical moderling with computers**. Nova Iork: Prentice Hall, 1980.

JAEGER, C. S. Brindes com a marca Sicredi: proposta de um modelo matemático para minimizar os custos e planejar o estoque na cooperativa de crédito de Lajeado. 2008. 120 f. Monografia. (Graduação) – Curso de Administração, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2008.

KANITZ, S. Parabéns, calouros de 2007. **Revista Veja**, São Paulo, ano 40, n. 7, 2007, p. 18.

LACHTERMACHER, G. **Pesquisa operacional na tomada de decisões**. Rio Janeiro: Campus, 2002.

LACHTERMACHER, G. **Pesquisa operacional na tomada de decisões**. Rio Janeiro: Campus, 2007.

LEBETA, T. V. **An investigation into pre-service teachers’ mathematical behaviour in an application and modelling context**. 2006. 274 f. Tese (Doutorado) - University Of The Western Cape. Disponível em: http://etd.uwc.ac.za/usrfiles/modules/etd/docs/etd_gen8Srv25Nme4_6979_1189159723.pdf. Acesso em: 23 jan. 2008.

LEITE, M. B. Reflexões sobre a disciplina de modelagem matemática na formação de professores**.** In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 5, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: UFOP/UFMG, 2007. 1 CD-ROM.

LEONI; LÉO JAIME. **Uniformes**. Disponível em: <http://letras.terra.com.br/kid-abelha/66425/>. Acesso em: 30 nov. 2007.

LOESCH, C.; HEIN, N. **Pesquisa operacional**: fundamentos e modelos. Blumenau: FURB, 1999.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação:** abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MACHADO JÚNIOR, A. G. **Modelagem matemática no ensino-aprendizagem:** ação e resultados. 2005. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas, Núcleo Pedagógico de Apoio ao Desenvolvimento Científico, Universidade Federal do Pará, Belém, 2005. Disponível em: <http://www.ufpa.br/npadc/gemm/documentos/docs/Doc_12.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2008.

MAGNAGO, K. F.; MARTINS, M. M.; MENDES, J. N. M. Modelo matemático de orbitais atômicos: o uso de aplicativo maple para obter resultados. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 5., Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: UFOP/UFMG, 2007. 1 CD-ROM.

MALHEIROS, A. P. Santos; BORBA, M. C.; DINIZ, L. N. 12 anos de produção matemática de estudantes de biologia em um ambiente de modelagem. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 4., 2005, Feira de Santana, BA. **Anais.**.. Feira de Santana, BA: CNMEM, 2005. 1 CD-ROM.

McLONE, R. R. **Mathematical modelling:** the art of applying mathematics, in Mathematical Modelling. London: Butterwords, 1976.

MEIRELES, C. **Ou isto ou aquilo**. Rio de Janeiro: 1990. Disponível em: <http://zezepina.utopia.com.br/poesia/poesia128.html>. Acesso em: 28 nov. 2007.

MENDES, F. B.; PAULA, E. A. de; SOUZA, A. J. de Jr. Modelagem matemática na formação dos professores. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 4., 2005, Feira de Santana, BA. **Anais.**.. Feira de Santana, BA: CNMEM, 2005. 1 CD-ROM.

MENDONÇA, M. C. D. **Problematização:** um caminho a ser percorrido em educação matemática, 1993. 307 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

MIRAS, M. Um ponto de partida para a aprendizagem de novos conteúdos: os conhecimentos prévios. In: COLL, César et al. (Eds.), **O construtivismo na sala de aula**: novas perspectivas para a ação pedagógica. Porto: ASA, 2001. p.54-73.

MONTEIRO, A. Modelagem matemática e formação de professores. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 3., 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: UNIMEP, 2003. 1 CD-ROM.

MONTEIRO, A. **O ensino da matemática para adultos através do método da modelagem matemática**.1992. 310 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências e Ciência Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1992.

MORAN, J. M.; BEHRENS, M. A.; MASETTO, M. T. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 7. ed. Campinas: Papirus, 2003.

MOREIRA, D. A. **Pesquisa operacional:** curso introdutório. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: UNB, 1999.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: da visão clássica à visão crítica. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 5., Madrid. **Anais...** Madri, 2006. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/visaoclasicavisaocritica.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2008.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. **Revista Chilena de Educação Científica**, Chile, v. 4. n. 2, p. 38-44, 2005. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2007.

MOREIRA, M. A. Mapas conceituais. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGAÇÃO EM DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS & DAS MATEMÁTICAS, 2., 1987, Valência. **Anais...** Valência, 1987, Worshop. Disponível em: http://<www.if.ufrgs.br/~moreira/Livro_Mapas_conceituais_e_Diagramas_V_COMPLETO.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2007.

MOREIRA, M. A.; AXT, R. (Org.). O livro didático como veículo de ênfases curriculares no ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física,** São Paulo, v. 8, n.1, p.33-48, jun,1986.

MOREIRA, M. A.; BUCHWEITZ, B. **Novas estratégias de ensino e aprendizagem:** os mapas conceituais e o Vê epistemológico. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1993.

MOREIRA, M. A.; CABALLERO, M.C. ; RODRÍGUEZ, M.L**.** Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. In: ENCUENTRO INTERNACIONAL SOBRE

EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO, 1997, Burgos**. Anais…**Burgos: Actas del Encuentro Internacional, p. 19-44, 1997.

MOREIRA, M. A.; GOBARA, S. Concept maps as instructional tools in physics education. In: INTERNACIONAL SEMINAR ON PHYSICS EDUCATION, 1983, Caracas. **Anais...** Caracas: Instituto Pedagógico de Caracas, 1983.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa**: a teoria de aprendizagem de David Ausubel**.** São Paulo: Moraes, 1982.

MORELLATO, C. et al. Softwares educacionais e a educação especial: refletindo sobre aspectos pedagógicos. **Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 4 n.1, 2006. Disponível em: <http://www.cinted.ufrgs.br/renote/jul2006/artigosrenote/a21_21176.pdf>. Acesso em: 30 out. 2007.

NEUBERGER, R. **O mix de produtos que maximiza o lucro da empresa metalúrgica OTN**. 2008. 138 f. Monografia. (Graduação) – Curso de Administração, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2008.

NOVAK, J. D. A **Theory of education**. Nova York: Cornell University Press, 1977.

NOVAK, J. D. **Teoría y practica de la educación**. Madrid: Alianza, 1988.

NOVAK, J. D. **Uma teoria de educação**. São Paulo: Pioneira, 1981.

NOVAK, J. D.; B. GOWIN, D. B. **Learning how to learn**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1984.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D.B. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas; Ithaca, Nova York: Cornell University Press, 1996.

NOVAK, J. D.; Gowin. D. B. **Learning How to Learn**. Cambridge, UK: University Press, 1985.

NOVAK, J.D. Human constructivism: A unification of psychological and epistemological phenomena in meaning making. **International Journal of Personal Construct Psychology,** New Jersey, v. 6, n. 2, p. 167-194, 1993.

ONTORIA, A. et al. **Mapas conceituais**: uma técnica para aprender. Rio Tinto: Edições ASA, 1994.

PIDD, M. **Modelagem empresarial:** ferramentas para tomada de decisão. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

PIVATTO, H. **Um modelo matemático aplicado à suinocultura na granja Pivatto.** 2007. 105 f. Monografia. (Graduação) – Curso de Administração, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2007.

PONTES NETO, J. A. S. Mapas conceituais: uma estratégia de estudo independente para a aprendizagem significativa. In: REUNIÃO ANUAL DE PSICOLOGIA, 33. Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBP, 1993.

PORLÁN, R. **Constructismo y escuela**: hacia un modelo enseñanza- aprendizaje basado en la investigación. Sevilla, Espanha: Díada Editora S.L,1997.

PRADO, D. S. **Programação linear**. Belo Horizonte, MG: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.

REHFELDT, M. J. H. **Uma heurística aplicada a um problema de escalonamento na indústria calçadista**. 2001. 63 f. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação da Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. Disponível em: <http://volpi.ea.ufrgs.br/teses_e_dissertacoes/td/000524.pdf>. Acesso em: 23 de jan. 2008.

REHFELDT, M. J. H.; ZARO, M.; TIMM, M. I.. Modelagem matemática: uma experiência no ensino superior com alunos do curso de administração**.** In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 9., Belo Horizonte. **Anais**... Recife: Sociedade Brasileira de Educação Matemática, 2007. 1 CD-ROM.

REHFELT, M. J. H.. **Modelagem matemática:** uma nova opção para o ensino da matemática na 4ª série do 1º grau, 1997. 82 f. Monografia (Especialização) - Departamento de Matemática e Informática, Universidade Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 1997.

REIGELUTH, C. M. In search of a better way to organize instruction: the elaboration theory. **Journal of Instructional Developmen,**. New Jersey, v. 2, n. 3, p. 8 -15, 1979.

SANT’ANA. M. F. Modelagem na licenciatura em matemática. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 5., Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: UFOP/UFMG, 2007. 1 CD-ROM.

SANTOS, F. V.; ALMEIDA, L. M. W. A utilização do computador pelos estudantes em uma situação de modelagem matemática. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 5., Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: UFOP/UFMG, 2007. 1 CD-ROM.

SCHEFFER, N. F. Modelagem matemática: uma alternativa para resolver problemas a partir de dados da realidade na 3ª série do 1º grau. **Perspectiva**, Erechim, v. 14. n. 17, p. 53-81, 1990.

SCHNEIDER, C. A**. Aplicação de um modelo matemático na empresa Sônia Maria Montanheri & Cia LTDA.** 2008. 78 f. Monografia. (Graduação) – Curso de Administração, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2008.

SCHWARZER, C. **A utilização da pesquisa operacional na Servimaq Serviços agrícolas:** um estudo de caso. 2008. 123 f. Monografia. (Graduação) – Curso de Administração, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2008.

SILVA, E. M. et al. **Pesquisa operacional:** programação linear, simulação**.** São Paulo: Atlas, 1998.

SILVA, M. D. O uso do excel para modelar problemas matemáticos. In: ENCONTRO BAIANO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 12., Senhor do Bonfim. **Anais...** Senhor do Bonfim: Universidade do Estado da Bahia, 2007.

SKOVSMOSE, O. Cenários de investigação. **Bolema**, Rio Claro, ano 13, n. 14, p. 66-91, 2000.

SOUZA, F. S. L. de et al. Uma abordagem para comparação de mapas conceituais utilizando correspondência de grafos. **Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, 2006.

STONER, J. A. F.; FREEMAN, R. E. **Administração**. Rio de Janeiro: Pretice-Hall, 1998.

TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 12, p. 72-85, 2007. Disponível em: <http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v12/m347187.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2008.

TEIXEIRA, L. R. M.. A abordagem psicogenética e a teoria de Ausubel: um diálogo sobre o caráter lógico do conhecimento. **Série – Estudos** – Periódico do Mestrado em Educação da UCSB, Campo Grande, n. 21, p. 67-80, 2006.

TOSCANI, L. V.; VELOSO, P. A. S. **Complexidade de algoritmos: análise, projeto e métodos.** Porto Alegre: Sagra-Luzzatto, 2001.

VICCARI, R. M.; GIRAFFA, L. Sistemas Tutores Inteligentes: abordagem tradicional versus abordagem de agentes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, 13., 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Computação Tutorial, 1996.

WAGNER, H. **Pesquisa operacional**. Rio de Janeiro: PHB, 1986.

WARWICK, J. Some reflections on the Teaching of Mathematical Modeling. **The Mathematical Educator,** Londres, v. 17, n. 1, p. 32-41, 2007. Disponível em: <http://math.coe.uga.edu/tme/Issues/v17n1/v17n1.pdf>. Acesso em: 23 jan 2008.

WURMAN, R. S. **Ansiedade de informação**. São Paulo: Cultura Editores Associados, 1991.

ANEXOS

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I – ESTUDOS DE BIEMBENGUT, HEIN E DOROW (2007)

Conforme Biembengut, Hein e Dorow (2007), a análise das dissertações e teses revelam que os pesquisadores têm entendimentos ou concepções distintas sobre modelagem matemática no ensino. Quanto ao tipo de pesquisa, Biembengut, Hein e Dorow (2007) afirmam que ocorreram estudos com aplicação em sala de aula: no Ensino Fundamental (8); no Ensino Médio (14); na Educação Superior (19); Formação de professores (8). Pesquisas teóricas baseadas na literatura: que versam sobre concepção (1); aprendizagem (5); ensino (12); currículo (2); avaliação (1). Para melhor avaliação, os autores do artigo classificaram as pesquisas e suas contribuições em três fases. As dissertações da primeira fase (4) oriundas da PUC-Rio: (2) não fizeram pesquisa empírica; apenas um estudo sobre modelos matemáticos e sobre aprendizagem. Essas pesquisas apresentam um conjunto de questões de aplicações matemáticas a serem utilizadas na Educação Superior e Básica, respectivamente. Os autores defendem o processo de modelagem para o ensino, mas não expõem modelos ou como se faz um modelo matemático. Apenas referem-se à aplicação. Ainda, na primeira fase, a terceira dissertação, oriunda da UFRJ, embora tenha no título a palavra modelo, não trata de modelagem, tampouco de aplicações. Por fim, a quarta, da UNICAMP, apenas aborda teoricamente modelos matemáticos e modelos de aprendizagem. Na segunda fase, encontram-se as dissertações (7) oriundas do programa de pós-graduação em Educação Matemática da UNESP de Rio Claro. Destas, três tratam da modelagem na formação de professores, pois o orientador, professor Bassanezi, tinha vínculo com o projeto de cursos de pós-graduação em modelagem matemática. Depois seguem mais quatro voltadas para aplicações na educação básica e no supletivo. Desta vez, há aplicações no ensino e se verifica a validade da modelagem matemática. O que se evidencia nesta fase, segundo Biembengut, Hein e Dorow (2007), é a defesa da concepção de modelagem matemática de Bassanezi, bem como a validade do processo no ensino. Já na terceira fase, a partir de 1991, surgem várias dissertações e as primeiras teses. A maioria dessas pesquisas utiliza práticas de sala de aula como campo de pesquisa.

Segundo Biembengut, Hein e Dorow (2007), o mapeamento dos referidos trabalhos permitiu verificar que nas dissertações e teses há forte defesa do método, em particular, aqueles projetos cujos dados empíricos advieram de experiências em sala de aula. Em relação ao conhecimento matemático, defende-se a modelagem matemática, pois, segundo pesquisas, há interesse maior por parte do aluno frente à aplicabilidade da matemática. Cada indivíduo percebe aquilo que o rodeia de forma diferente, o que permite inferir que o conhecimento é idiossincrático e, como consequência, o modelo matemático também. Os autores supracitados ainda mencionam que quanto maior for o número de experiências realizadas em sala de aula, melhor a possibilidade de aprender a fazer modelagem.

Além da análise de dissertações e teses defendidas nas instituições nacionais, é relevante também avaliar trabalhos realizados em outros países. Nesse sentido, o relato de Biembengut e Schimitt (2007) pode contribuir. Segundo as autoras, estudos realizados em relação a 15 pesquisas apresentadas na conferência do *Study Group* 14 do *International Comission on Mathematics Instruction* (ICMI), em 2004, e publicadas na revista *Dynamis* (Blumenau), v. 13, p. 11-20, 2007, mostram que a modelagem matemática tem ganhado adeptos em todos os níveis de educação, em todos os países, devido à possibilidade de proporcionar aos jovens melhores conhecimentos e habilidades para utilizá-los. Também apontam dificuldades para torná-la um método na Educação Formal. Barbosa (2006), que também cita estudos realizados, afirma que, no Brasil, há uma associação entre a modelagem matemática e a etnomatemática, vislumbrada, principalmente, nas obras de Bassanezi (1994) e Fiorentini (1996). Tanto a comunidade internacional quanto a nacional têm discutido a modelagem matemática em eventos relacionados à educação matemática. Nos Encontros Nacionais de Educação Matemática (ENEM), um dos temas tem sido a modelagem matemática.

ANEXO II – PRÉ-TESTE APLICADO NO SEMESTRE 2008 A

UNIVATES
CENTRO UNIVERSITÁRIO

Nome:

Idade:

Empresa onde trabalha:

Setor da Empresa:

Setor onde trabalha:

Teste de conhecimentos prévios

1- Se três camisetas iguais fornecem um lucro de R$ R$ 63,00, quanto de lucro fornecerão 10 iguais às primeiras? Como você pensou para chegar a esta resposta?
2 - Um fabricante produz e vende dois artigos: A e B. Na venda do artigo A obtém um lucro de R$ 180,00 e na venda do artigo B R$ 300,00. Levando em consideração apenas que para produzir o artigo A ele leva duas, e produzir o B ele leva três horas, estabeleça um critério para dizer qual dos produtos é o mais lucrativo para o fabricante. Como você pensou para chegar a esta resposta?
3 - Uma pequena fábrica de móveis produz dois modelos de molduras ornamentais. Ela possui 7 peças de madeira e dispõe de 30 horas de trabalho para confeccionar os dois modelos, sendo que o modelo A requer 2 peças de madeira e 5 horas de trabalho, enquanto o modelo B necessita de 1 peça de madeira e 7 horas de trabalho. Represente a situação acima algebricamente, através de inequações. Como você pensou para chegar a esta resposta?
4 - Represente através de um gráfico a inequação $x + y \geq 5$. Como você pensou para chegar a esta resposta?
5 - Uma refinaria de petróleo processa dois tipos de petróleo: com alto teor de enxofre e com baixo teor de enxofre. Cada tonelada de petróleo com baixo teor exige 5 minutos na unidade de mistura e 4 minutos na refinação; cada tonelada de alto teor exige 4 minutos de mistura e 2 minutos de refinação. Se a unidade de mistura está disponível durante 3 horas, e a refinaria durante 2 horas, quantas toneladas de cada tipo de óleo deveriam ser processadas para que as duas unidades sejam completamente utilizadas? Como você pensou para chegar a esta resposta?
6 - Um fabricante de jóias fabrica brincos e colares. Ele tem um lucro de R$ 4500,00 em cada brinco e R$ 8000,00 em cada colar vendido. Supõe-se que devido à forte demanda desses itens consegue-se vender toda a produção da fábrica. Mas, a produção da firma é limitada em dois aspectos: em cada brinco utilizam-se 5 unidades de ouro. Da mesma forma, cada colar produzido utiliza 20 unidades de ouro. Dispomos um total de 400 unidades de ouro. Cada brinco produzido gasta 10 homens-hora e cada colar gasta 15 homens-hora. Dispomos de um total de 450 homens-hora. O objetivo do fabricante é descobrir qual a quantidade de brincos e colares a serem fabricados, de tal modo que o lucro total seja o maior possível. Então, quantos brincos e colares o fabricante deverá fazer para obter o lucro máximo dentro das condições citadas acima? Como você pensou para chegar a esta resposta?
7 - Você tem algum conhecimento do *software graphmatica*, projeto Gauss ou LINDO? Que tipo de operação matemática eles conseguem calcular?

ANEXO III – PRÉ-TESTE APLICADO NO SEMESTRE 2008 B E TABELAS 13 A 19

UNIVATES
CENTRO UNIVERSITÁRIO

Nome:
Idade:
Empresa onde trabalha:
Setor da Empresa:
Setor onde trabalha:
Percentual de disciplinas cursadas:

Atividades de verificação de conhecimentos prévios

Questão 1 – Se três camisetas, todas iguais, fornecem um lucro de R$ R$ 63,00, quanto de lucro fornecerão 10 do mesmo tipo?

Resolução	Como você pensou para chegar a esta resposta?

Questão 2 – Um fabricante produz e vende dois artigos: A e B. Na venda do artigo A obtém um lucro de R$ 180,00 e na venda do artigo B R$ 300,00. Levando em consideração apenas que para produzir o artigo A ele leva duas e para produzir o B ele leva três horas, estabeleça um critério para dizer qual dos produtos é o mais lucrativo para o fabricante.

Resolução	Como você pensou para chegar a esta resposta?

Questão 3 - Uma pequena fábrica de móveis produz dois modelos de molduras ornamentais A e B. Ela possui 7 peças de madeira e dispõe de 30 horas de trabalho para confeccionar os dois modelos, sendo que o modelo A requer 2 peças de madeira e 5 horas de trabalho, enquanto o modelo B necessita de 1 peça de madeira e 7 horas de trabalho. Represente a situação acima algebricamente, através de inequações.

Resolução	Como você pensou para chegar a esta resposta?

Questão 4 – Represente através de um gráfico a inequação $x + y \geq 5$. Como você pensou para chegar a esta resposta?

Resolução	Como você pensou para chegar a esta resposta?

5 - Uma refinaria de petróleo processa dois tipos de petróleo: com alto teor de enxofre e com baixo teor de enxofre. Cada tonelada de petróleo com baixo teor exige 5 minutos na unidade de mistura e 4 minutos na refinação; cada tonelada de alto teor exige 4 minutos de mistura e 2 minutos de refinação. Se a unidade de mistura está disponível durante 3 horas, e a refinaria durante 2 horas, quantas toneladas de cada tipo de óleo deveriam ser processadas para que as duas unidades sejam completamente utilizadas? Como você pensou para chegar a esta resposta?

Resolução	Como você pensou para chegar a esta resposta?

6 - Um fabricante de jóias fabrica brincos e colares. Ele tem um lucro de R$ 4500,00 em cada brinco e R$ 8000,00 em cada colar vendido. Supõe-se que devido à forte demanda desses itens consegue-se vender toda a produção da fábrica. Mas, a produção da firma é limitada em dois aspectos: em cada brinco utilizam-se 5 unidades de ouro. Da mesma forma, cada colar produzido utiliza 20 unidades de ouro. Dispomos um total de 400 unidades de ouro. Cada brinco produzido gasta 10 homens-hora e cada colar gasta 15 homens-hora. Dispomos de um total de 450 homens-hora. O objetivo do fabricante é descobrir qual a quantidade de brincos e colares a serem fabricados, de tal modo que o lucro total seja o maior possível. Então, quantos brincos e colares o fabricante deverá fazer para obter o lucro máximo dentro das condições citadas acima? Como você pensou para chegar a esta resposta?

Resolução	Como você pensou para chegar a esta resposta?

7 - Você tem algum conhecimento do *software graphmatica*, projeto Gauss ou LINDO? Que tipo de operação matemática eles conseguem calcular?

Tabela 13 – Resultados da questão número 1 do pré-teste, versão 2008 B

Aluno	Correta ou incorreta	Modo de resolução
Aluno 1	Correta	Regra de três
Aluno 2	Correta	Redução à unidade
Aluno 3	Correta	Regra de três
Aluno 4	Correta	Redução à unidade
Aluno 5	Correta	Redução à unidade
Aluno 6	Correta	Regra de três
Aluno 7	Correta	Regra de três
Aluno 8	Correta	Redução à unidade
Aluno 9	Correta	Regra de três
Aluno 10	Correta	Redução à unidade
Aluno 11	Correta	Redução à unidade
Aluno 12	Correta	Redução à unidade
Aluno 13	Correta	Redução à unidade
Aluno 14	Correta	Redução à unidade
Aluno 15	Correta	Redução à unidade
Aluno 16	Correta	Redução à unidade
Aluno 17	Correta	Redução à unidade
Aluno 18	Correta	Redução à unidade
Aluno 19	Correta	Redução à unidade
Aluno 20	Correta	Redução à unidade
Aluno 21	Correta	Regra de três e Redução à unidade
Aluno 22	Correta	Redução à unidade
Aluno 23	Correta	Redução à unidade
Aluno 24	Correta	Redução à unidade
Aluno 25	Correta	Redução à unidade
Aluno 26	correta	Regra de três e Redução à unidade
Aluno 27	Correta	Regra de três
Aluno 28	Correta	Redução à unidade
Aluno 29	Correta	Redução à unidade
Aluno 30	Correta	Redução à unidade
Aluno 31	Correta	Regra de três
Aluno 32	Correta	Redução à unidade
Aluno 33	Correta	Regra de três
Aluno 34	Correta	Redução à unidade
Aluno 35	Correta	Redução à unidade
Aluno 36	Correta	Redução à unidade
Aluno 37	Correta	Redução à unidade
Aluno 38	Correta	Redução à unidade
Aluno 39	Correta	Redução à unidade
Aluno 40	Correta	Redução à unidade
Aluno 41	Correta	Redução à unidade
Aluno 42	Incorreta	Houve falha na interpretação da questão
Aluno 43	Correta	Redução à unidade
Aluno 44	Correta	Redução à unidade
Aluno 45	Correta	Redução à unidade
Aluno 46	Correta	Regra de três

Aluno	Correta ou incorreta	Modo de resolução
Aluno 47	Correta	Redução à unidade
Aluno 48	Correta	Redução à unidade
Aluno 49	Correta	Redução à unidade
Aluno 50	Correta	Redução à unidade
Aluno 51	Correta	Redução à unidade
Aluno 52	Correta	Redução à unidade
Aluno 53	Correta	Redução à unidade
Aluno 54	Correta	Redução à unidade
Aluno 55	Correta	Regra de três
Aluno 56	Correta	Redução à unidade
Aluno 57	Correta	Redução à unidade
Aluno 58	Correta	Redução à unidade/proporcionalidade
Total corretas	57	
Total de incorretas	1	

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 14 – Resultados da questão número 2 do pré-teste, versão 2008 B

Aluno	Correta/incorreta	Modo de resolução
Aluno 1	Correta	Proporcionalidade com aritmética, em 8 horas por dia e 30 dias/mês de produção
Aluno 2	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 3	Correta	Proporcionalidade com aritmética, em 24 horas de produção
Aluno 4	Correta	Proporcionalidade com aritmética, em 1 dia de produção
Aluno 5	Parcialmente correta	Usou diferentes critérios de calcular o lucro
Aluno 6	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 7	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 8	Incorreta	Usou diferentes critérios de calcular o lucro
Aluno 9	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 10	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 11	Correta	Proporcionalidade com aritmética, em 8 horas por dia de produção
Aluno 12	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 13	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por 6 horas de produção
Aluno 14	Correta	Proporcionalidade com aritmética, em 8 horas por dia de produção
Aluno 15	Incorreta	A justificativa passa por uma produção em tempos diferentes
Aluno 16	Correta	Proporcionalidade com aritmética, em algumas horas por dia de produção
Aluno 17	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 18	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 19	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 20	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por minuto de produção
Aluno 21	Correta	Proporcionalidade com aritmética, em 24 horas por dia de produção
Aluno 22	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por horas de produção, em forma de tabela
Aluno 23	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 24	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 25	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por 24 horas de produção
Aluno 26	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 27	Correta	A justificativa não está adequada

Aluno	Correta/incorreta	Modo de resolução
Aluno 28	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 29	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 30	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 31	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por 8 horas de produção. Há um pequeno erro de cálculo.
Aluno 32	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 33	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 34	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 35	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por 6 horas de produção
Aluno 36	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 37	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por 3 horas de produção
Aluno 38	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 39	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 40	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por 30 horas de produção
Aluno 41	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 42	Incorreta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 43	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por 44 horas semanais de produção
Aluno 44	Incorreta	Levou em consideração apenas o tempo de produção
Aluno 45	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por 3 horas de produção
Aluno 46	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 47	Incorreta	A justificativa está incorreta, mas os cálculos estão corretos
Aluno 48	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por 3 horas de produção
Aluno 49	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 50	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 51	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 52	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 53	Incorreta	A justificativa está incorreta, apresenta erro de cálculo
Aluno 54	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 55	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 56	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por 12 horas de produção
Aluno 57	Correta	Proporcionalidade com aritmética, por hora de produção
Aluno 58	Correta	Não está muito segura quanto à resposta
Total corretas	51	
Incorretas	6	
Parcialmente Correta	1	

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 15 – Resultados da questão número 3 do pré-teste, versão 2008 B

Aluno	Correta/incorreta	Modo de resolução
Aluno 1	Incorreta	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações corretamente
Aluno 2	Incorreta	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações corretamente
Aluno 3	Não fez esta questão	Retirou apenas dados, afirma não lembrar
Aluno 4	Não fez esta questão	Afirma não lembrar mais
Aluno 5	Incorreta	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações corretamente
Aluno 6	Não fez esta questão	Afirma não lembrar mais
Aluno 7	Incorreta	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações corretamente
Aluno 8	Não fez esta questão	Retirou apenas dados, afirma não lembrar
Aluno 9	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 10	Não fez esta	Afirma não ter ficado claro o problema

Aluno	Correta/incorreta	Modo de resolução
	questão	
Aluno 11	Não fez esta questão	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações. Afirma não lembrar mais
Aluno 12	Não fez esta questão	Afirma não saber
Aluno 13	Não fez esta questão	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações corretamente
Aluno 14	Incorreta	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações corretamente. Tentou usar aritmética para resolver
Aluno 15	Incorreta	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações corretamente. Afirma não lembrar muito bem, apenas vagamente
Aluno 16	Incorreta	Não há representação de nada, apenas uma afirmação incorreta
Aluno 17	Não fez esta questão	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações. Afirma não lembrar
Aluno 18	Não fez esta questão	Afirma estar sem cabeça para pensar!
Aluno 19	Não fez esta questão	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações.
Aluno 20	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 21	Não fez esta questão	Não chegou a nenhuma conclusão
Aluno 22	Não fez esta questão	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações
Aluno 23	Não fez esta questão	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações
Aluno 24	Não fez esta questão	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações
Aluno 25	Não fez esta questão	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações.
Aluno 26	Não fez esta questão	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações. Afirma não lembrar mais.
Aluno 27	Incorreta	Tentou resolver por aritmética
Aluno 28	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 29	Incorreta	Tentou resolver por aritmética
Aluno 30	Incorreta	Representou inadequadamente por equações
Aluno 31	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 32	Incorreta	Retirou apenas dados, mas as representações estão incorretas
Aluno 33	Não fez esta questão	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações. Afirma não saber
Aluno 34	Correta	A representação está correta
Aluno 35	Incorreta	Tentou resolver por aritmética
Aluno 36	Incorreta	Tentou resolver por aritmética
Aluno 37	Não fez esta questão	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações. Afirma não lembrar
Aluno 38	Não fez esta questão	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações
Aluno 39	Não fez esta questão	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações. Afirma não saber
Aluno 40	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 41	Incorreta	Tentou resolver por aritmética
Aluno 42	Não fez esta questão	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações. Afirma não lembrar
Aluno 43	Incorreta	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações
Aluno 44	Não fez esta	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações

Aluno	Correta/incorreta	Modo de resolução
	questão	
Aluno 45	Não fez esta questão	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações. Afirma não lembrar
Aluno 46	Não fez esta questão	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações. Afirma não lembrar
Aluno 47	Não fez esta questão	Afirma não saber a resposta
Aluno 48	Não fez esta questão	Afirma não saber
Aluno 49	Incorreta	Tentou resolver como um sistema de equações
Aluno 50	Incorreta	Representou como equação
Aluno 51	Não fez esta questão	Afirma não ter entendido
Aluno 52	Não fez esta questão	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações. Afirma não lembrar
Aluno 53	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 54	Não fez esta questão	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações. Afirma não saber
Aluno 55	Não fez esta questão	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações. Afirma não saber
Aluno 56	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 57	Não fez esta questão	Retirou apenas dados, sem estabelecer relações
Aluno 58	Incorreta	Representou inadequadamente como equação
Total corretas	1	
Incorretas	18	
Não fez	39	

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 16 – Resultados da questão número 4 do pré-teste, versão 2008 B

Aluno	Correta/incorreta	Observação: modo de resolução
Aluno 1	Não fez esta questão	Afirma não saber fazer
Aluno 2	Parcialmente correta	Representou apenas algumas soluções
Aluno 3	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 4	Incorreta	Representação gráfica incorreta
Aluno 5	Não fez esta questão	Afirma não saber fazer
Aluno 6	Incorreta	A abstração do significado dos valores possíveis está correta, mas a representação não
Aluno 7	Incorreta	Representação gráfica incorreta
Aluno 8	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 9	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 10	Não fez esta questão	Afirma não saber
Aluno 11	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 12	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 13	Não fez esta questão	Nada respondeu
Aluno 14	Parcialmente correta	Representou apenas algumas soluções
Aluno 15	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 16	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 17	Incorreta	Representação gráfica incorreta. Afirma não lembrar
Aluno 18	Não fez esta questão	Afirma não saber
Aluno 19	Incorreta	Representação gráfica incorreta, embora saiba da existência de mais soluções
Aluno 20	Não fez esta questão	Afirma não lembrar

Aluno	Correta/incorreta	Observação: modo de resolução
Aluno 21	Não fez esta questão	Nada escreveu
Aluno 22	Parcialmente correta	Sabe da existência de infinitas soluções, mas não as representou corretamente
Aluno 23	Parcialmente correta	Representou apenas algumas soluções
Aluno 24	Não fez esta questão	Afirma não saber
Aluno 25	Incorreta	Representação gráfica incorreta
Aluno 26	Não fez esta questão	Afirma que precisa estudar
Aluno 27	Incorreta	Representação gráfica incorreta
Aluno 28	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 29	Parcialmente correta	Representou apenas algumas soluções
Aluno 30	Incorreta	Representou apenas uma solução
Aluno 31	Não fez esta questão	Afirma que faz que estudou isso
Aluno 32	Incorreta	Representação gráfica incorreta, embora tenha noção de algumas soluções
Aluno 33	Não fez esta questão	Afirma não saber
Aluno 34	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 35	Parcialmente correta	Representação gráfica de algumas soluções
Aluno 36	Não fez esta questão	Afirma não saber
Aluno 37	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 38	Não fez esta questão	Nada respondeu
Aluno 39	Não fez esta questão	Afirma não saber
Aluno 40	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 41	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 42	Parcialmente correta	Representação gráfica de algumas soluções
Aluno 43	Não respondeu esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 44	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 45	Incorreta	Representação gráfica incorreta
Aluno 46	Incorreta	Representação gráfica incorreta
Aluno 47	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 48	Incorreta	Representação gráfica incorreta
Aluno 49	Incorreta	Representação gráfica incorreta
Aluno 50	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 51	Incorreta	Representação gráfica incorreta. Afirma não lembrar
Aluno 52	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 53	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 54	Não fez esta questão	Afirma não saber
Aluno 55	Incorreta	Representação gráfica incorreta
Aluno 56	Parcialmente correta	Representação gráfica de algumas soluções
Aluno 57	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 58	Não fez esta questão	Afirma não saber
Total corretas	0	
Não fez	35	
Parcialmente	8	
Incorreta	15	

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 17 – Resultados da questão número 5 do pré-teste, versão 2008 B

Aluno	Correta/incorreta	Modo de resolução
Aluno 1	Não fez esta questão	Retirou apenas dados, sem equacionar o sistema
Aluno 2	Correta	Usou a aritmética para desenvolver o cálculo
Aluno 3	Incorreta	Retirou dados sem estabelecer relações
Aluno 4	Não fez esta questão	Afirma não lembrar

Aluno	Correta/incorreta	Modo de resolução
Aluno 5	Incorreta	Tentou usar a aritmética para resolver
Aluno 6	Não fez esta questão	Afirma não saber
Aluno 7	Não fez esta questão	Afirma não saber
Aluno 8	Incorreta	Tentou usar a aritmética para resolver
Aluno 9	Correta	Usou a aritmética para desenvolver o cálculo
Aluno 10	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 11	Incorreta	Tentou usar a aritmética para resolver
Aluno 12	Não fez esta questão	Afirma não conseguir resolver
Aluno 13	Não fez esta questão	Retirou dados sem estabelecer relações
Aluno 14	Correta	Usou a aritmética para desenvolver o cálculo, usando uma tabela
Aluno 15	Correta	Usou a aritmética para desenvolver o cálculo
Aluno 16	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 17	Correta	Usou a aritmética para desenvolver o cálculo.
Aluno 18	Correta	Usou a aritmética para desenvolver o cálculo
Aluno 19	Incorreta	Tentou usar a aritmética para resolver
Aluno 20	Correta	Usou a aritmética para desenvolver o cálculo.
Aluno 21	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 22	Incorreta	Tentou usar a aritmética para resolver
Aluno 23	Não fez esta questão	Retirou dados sem estabelecer relações
Aluno 24	Não fez esta questão	Retirou dados sem estabelecer relações e afirma não saber fazer
Aluno 25	Não fez esta questão	Retirou dados sem estabelecer relações e afirma não saber fazer
Aluno 26	Não fez esta questão	Afirma precisar estudar
Aluno 27	Não fez esta questão	Retirou dados sem estabelecer relações e afirma não lembrar
Aluno 28	Não fez esta questão	Retirou dados sem estabelecer relações e afirma não saber
Aluno 29	Correta	Resolveu equacionando parcialmente o sistema
Aluno 30	Correta	Usou sistemas de equações resolvendo pelo método da substituição
Aluno 31	Não fez esta questão	Afirma não saber
Aluno 32	Incorreta	Retirou dados e tentou resolver por aritmética
Aluno 33	Incorreta	Retirou dados e tentou resolver por aritmética
Aluno 34	Incorreta	Tentou equacionar o sistema, mas está incorreto
Aluno 35	Incorreta	Tentou equacionar o sistema, mas está incorreto
Aluno 36	Incorreta	Tentou usar a aritmética para resolver
Aluno 37	Não fez esta questão	Retirou dados sem estabelecer relações e afirma não saber
Aluno 38	Não fez esta questão	Nada respondeu
Aluno 39	Incorreta	Tentou usar a aritmética para resolver
Aluno 40	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 41	Incorreta	Tentou usar a aritmética para resolver
Aluno 42	Incorreta	Tentou usar a aritmética para resolver
Aluno 43	Incorreta	Tentou usar a aritmética para resolver
Aluno 44	Não fez esta	Tentou usar aritmética, mas não conseguiu resolver

Aluno	Correta/incorreta questão	Modo de resolução
Aluno 45	Correta	Usou a aritmética para desenvolver o cálculo.
Aluno 46	Incorreta	Tentou usar aritmética
Aluno 47	Correta	Usou a aritmética para desenvolver o cálculo. Há pequeno erro de cálculo
Aluno 48	Não fez esta questão	Retirou dados sem estabelecer relações e afirma não conseguir
Aluno 49	Correta	Usou sistemas de equações resolvendo pelo método da adição
Aluno 50	Parcialmente correta	Apenas equacionou
Aluno 51	Não fez esta questão	Afirma não conseguir
Aluno 52	Não fez esta questão	Retirou dados sem estabelecer relações e afirma não saber
Aluno 53	Não fez esta questão	Nada mencionou que pudesse identificar porque não fez a questão
Aluno 54	Incorreta	Tentou usar aritmética
Aluno 55	Não fez esta questão	Afirma não saber fazer
Aluno 56	Não fez esta questão	Afirma não saber fazer
Aluno 57	Incorreta	Tentou usar aritmética
Aluno 58	Incorreta	Tentou usar aritmética
Total corretas	12	
Incorretas	19	
Parcialmente corretas	1	
Não fez	26	

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 18 – Resultados da questão número 6 do pré-teste, versão 2008 B

Aluno	Correta/incorreta	Modo de resolução
Aluno 1	Não fez esta questão	Retirou dados sem estabelecer relações
Aluno 2	Incorreta	Tentou usar aritmética
Aluno 3	Correta	Usou sistemas de equações resolvendo pelo método da adição.
Aluno 4	Não fez esta questão	Retirou dados sem estabelecer relações. Afirma não lembrar.
Aluno 5	Não fez esta questão	Retirou dados sem estabelecer relações. Afirma não saber
Aluno 6	Não fez esta questão	Retirou dados sem estabelecer relações. Afirma não saber
Aluno 7	Não fez esta questão	Retirou dados sem estabelecer relações. Afirma não saber
Aluno 8	Incorreta	Tentou usar aritmética
Aluno 9	Correta	Usou a aritmética para desenvolver o cálculo.
Aluno 10	Incorreta	Tentou usar aritmética
Aluno 11	Não fez esta questão	Afirma não conseguir resolver
Aluno 12	Não fez a questão	Retirou dados sem estabelecer relações. Afirma não saber
Aluno 13	Incorreta	Tentou usar aritmética
Aluno 14	Não fez esta questão	Nada afirmou
Aluno 15	Correta	Tentou usar aritmética. Afirma não ter certeza.
Aluno 16	Não fez esta	Afirma não lembrar

Aluno	Correta/incorreta questão	Modo de resolução
Aluno 17	Não fez esta questão	Retirou dados sem estabelecer relações. Afirma não saber
Aluno 18	Não fez esta questão	Retirou dados sem estabelecer relações
Aluno 19	Não fez esta questão	Retirou dados sem estabelecer relações
Aluno 20	Incorreta	Tentou usar aritmética.
Aluno 21	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 22	Incorreta	Tentou usar aritmética.
Aluno 23	Incorreta	Tentou resolver equacionando o problema
Aluno 24	Incorreta	Tentou usar aritmética.
Aluno 25	Não fez esta questão	Retirou dados sem estabelecer relações. Afirma não saber
Aluno 26	Não fez esta questão	Retirou dados sem estabelecer relações. Afirma precisar estudar
Aluno 27	Incorreta	Afirma não lembrar
Aluno 28	Não fez esta questão	Retirou dados sem estabelecer relações. Afirma não saber
Aluno 29	Incorreta	Tentou resolver equacionando o problema
Aluno 30	Correta	Usou sistemas de equações resolvendo pelo método da substituição
Aluno 31	Não fez esta questão	Retirou dados sem estabelecer relações. Afirma não saber
Aluno 32	Incorreta	Tentou usar aritmética.
Aluno 33	Incorreta	Tentou usar aritmética.
Aluno 34	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 35	Não fez esta questão	Retirou dados sem estabelecer relações. Afirma não lembrar
Aluno 36	Incorreta	Afirma que não consegue calcular exatamente, sem fórmula
Aluno 37	Não fez esta questão	Retirou dados sem estabelecer relações. Afirma não saber
Aluno 38	Não fez esta questão	Retirou dados sem estabelecer relações
Aluno 39	Incorreta	Tentou usar aritmética.
Aluno 40	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 41	Incorreta	Tentou usar aritmética.
Aluno 42	Não fez esta questão	Afirma não saber
Aluno 43	Incorreta	Tentou usar aritmética.
Aluno 44	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 45	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 46	Não fez esta questão	Afirma não saber
Aluno 47	Incorreta	Tentou usar aritmética.
Aluno 48	Incorreta	Tentou usar aritmética.
Aluno 49	Correta	Usou sistemas de equações resolvendo pelo método da substituição
Aluno 50	Incorreta	Tentou resolver equacionando o problema. Não chegou a uma resposta
Aluno 51	Não fez esta questão	Retirou dados sem estabelecer relações
Aluno 52	Não fez esta questão	Afirma não saber

Aluno	Correta/incorreta	Modo de resolução
Aluno 53	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 54	Não fez esta questão	Afirma não saber
Aluno 55	Não fez esta questão	Retirou dados sem estabelecer relações
Aluno 56	Não fez esta questão	Retirou dados. Afirma não saber continuar
Aluno 57	Não fez esta questão	Afirma não lembrar
Aluno 58	Incorreta	Retirou dados. Afirma resposta por intuição
Total corretas	5	
Incorretas	20	
Não fez	33	

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 19 – Resultados da questão número 7 do pré-teste, versão 2008 B

Aluno	graphmatica	projeto Gauss	LINDO
Aluno 1	Não	não	não
Aluno 2	Não	não	não
Aluno 3	Não	não	não
Aluno 4	Sim	não	Não
Aluno 5	Não	não	não
Aluno 6	Não	não	não
Aluno 7	Não	não	não
Aluno 8	Não	não	não
Aluno 9	Não	não	não
Aluno 10	Não	não	não
Aluno 11	Sim, para fazer gráficos		
Aluno 12	Não	não	não
Aluno 13	Nada respondeu		
Aluno 14	Não	não	não
Aluno 15	Não	não	não
Aluno 16	Não	não	não
Aluno 17	Não	não	não
Aluno 18	Não sabe, não lembra como funcionam		
Aluno 19	Não	não	não
Aluno 20	Não	não	não
Aluno 21	Não	não	não
Aluno 22	Não	não	não
Aluno 23	Já usou, mas não lembra mais		
Aluno 24	Não	não	não
Aluno 25	Não	não	não
Aluno 26	Não	não	não
Aluno 27	Não	não	não
Aluno 28	Não	não	não
Aluno 29	Afirma ter trabalhado com o LINDO, mas o que ele afirma ter resolvido o software não faz		
Aluno 30	Não	não	não
Aluno 31	Não	não	não
Aluno 32	Não	não	não
Aluno 33	Não	não	não
Aluno 34	Sim	não	Ouviu falar
Aluno 35	Afirma que pesquisou no site, mas não conseguiu acessar		
Aluno 36	Não	não	não
Aluno 37	Não	não	não
Aluno 38	Não	não	não
Aluno 39	Não	não	não
Aluno 40	Não	não	não

Aluno	graphmatica	projeto Gauss	LINDO
Aluno 41	Não	não	não
Aluno 42	Não	não	não
Aluno 43	Não	não	não
Aluno 44	Não	não	não
Aluno 45	Sim	não	não
Aluno 46	Já ouviu falar		
Aluno 47	Não	não	não
Aluno 48	Não	não	não
Aluno 49	Não	não	não
Aluno 50	Não	não	não
Aluno 51	Não	não	não
Aluno 52	Não	não	não
Aluno 53	Não	não	não
Aluno 54	Não	não	não
Aluno 55	Não	não	não
Aluno 56	Não	não	não
Aluno 57	Não	não	não
Aluno 58	Já viu, mas não lembra bem		

Fonte: Elaborado pela autora

ANEXO IV – ORGANIZADORES AVANÇADOS

1. Exercícios de revisão - parte algébrica

1.1 Problemas:

a) Uma refinaria de petróleo processa dois tipos de petróleo: com alto teor de enxofre e com baixo teor de enxofre. Cada tonelada de petróleo com baixo teor exige 5 minutos na unidade de mistura e 4 minutos na refinação; cada tonelada de alto teor exige 4 minutos de mistura e 2 minutos de refinação. Se a unidade de mistura está disponível durante 3 horas, e a refinaria durante 2 horas, quantas toneladas de cada tipo de óleo deveriam ser processadas para que as duas unidades sejam completamente utilizadas?

b) Um fabricante de plásticos produz dois tipos de plástico: o normal e o especial. Cada tonelada de plástico normal exige 2 horas na fábrica A e 5 horas na fábrica B; cada tonelada de plástico especial exige 2 horas na fábrica A e 3 horas na fábrica B. Se a fábrica A está disponível 8 horas por dia e fábrica B 15 horas por dia, quantas toneladas de cada tipo de plástico deveriam ser produzidas diariamente de maneira que as duas fábricas se mantenham totalmente ocupadas?

c) Numa lanchonete, 2 copos de refrigerante e 3 coxinhas custam R$ 5,70. O preço de 3 copos de refrigerante e 5 coxinhas é R$ 9,30. Qual o preço do refrigerante?

d) Uma tábua com 2,85 metros de comprimento foi dividida em duas partes. O comprimento x da primeira parte tem 0,93 m a mais que o comprimento y da segunda. Qual é o comprimento de cada parte?

e) Verifique se o par ordenado (10, -5) é a solução do sistema

$$\begin{cases} 4x - 5y = 65 \\ x = 2y \end{cases}$$

1.2 Resolva os sistemas lineares:

a) $\begin{cases} x - 3y = -15 \\ 2x + 3y = 60 \end{cases}$ b) $\begin{cases} 3x + 2y = 14 \\ 5x - 3y = 17 \end{cases}$ c) $\begin{cases} 2x - y = -3 \\ -x + y = -2 \end{cases}$

1.3 Desenhe os dois pares de retas no mesmo plano cartesiano e encontre o ponto de intersecção:

a) $\begin{cases} 3x + y = -2 \\ x + 2y = 6 \end{cases}$ b) $\begin{cases} x = 2y \\ 2x - 5y = 3 \end{cases}$ c) $\begin{cases} x = 4 \\ y = 3 \end{cases}$

1.4 Faça o gráfico dos seguintes sistemas de inequações simultâneas:

a) $\begin{cases} 2x - y \leq 4 \\ x + y \geq -1 \\ y \leq 4 \end{cases}$

b) $\begin{cases} x \geq 0 \\ y \geq 0 \\ x + y \leq 2 \\ 2x + y \leq 3 \end{cases}$

2. Resolução de problemas de PL – exercícios de modelagem matemática nível I (Barbosa, 2001)

a) Uma empresa fabrica dois tipos de produto: rádio standard e rádio luxo. Com relação ao rádio standard temos as seguintes informações:

- A linha de produção comporta um máximo de 24 pessoas;
- Cada rádio consome 1homem/dia para ser produzido;
- Cada rádio fornece um lucro de R$ 30,00.
- Com relação ao rádio luxo:
- A linha de produção comporta um máximo de 32 pessoas;
- Cada rádio consome 2 homens/dia para ser produzido;
- Cada rádio fornece um lucro de R$ 40,00.

A fábrica possui 40 empregados a serem alocados nas duas linhas de produção. O objetivo é maximizar o lucro. Que quantidade de produção de rádios maximiza o lucro?

b) Uma rede de televisão local tem o seguinte problema: foi descoberto que o programa A com 20 minutos de música e 1 minuto de propaganda chama a atenção de 30.000 expectadores, enquanto um programa B, com 10 minutos de música e 1 minuto de propaganda chama a atenção de 10.000 expectadores. No decorrer de uma semana, o patrocinador insiste no uso de, no mínimo, 5 minutos para sua propaganda e que não há verba para mais de 80 minutos de música. Quantas vezes por semana cada programa deve ser levado ao ar para obter o número máximo de telespectadores?

c) Um comerciante vende dois artigos, A e B. Na venda do artigo A tem um lucro de 20 por unidade e na venda do artigo B, um lucro de 30. Em seu depósito só cabem 100 artigos e sabe-se que por compromissos já assinados anteriormente ele venderá pelo menos 15 artigos do tipo A e 25 do tipo B. O distribuidor pode entregar ao comerciante, no máximo, 60 artigos do tipo A e 50 do B. Quantos artigos de cada tipo deverá o comerciante encomendar ao distribuidor para que, supondo que os venda todos, obtenha o lucro máximo?

d) Uma fábrica de computadores produz dois modelos de computador A e B. O modelo A fornece um lucro de R$ 180,00 e B de R$ 300,00. O modelo A requer, na sua produção, um gabinete pequeno e uma unidade de disco. O modelo B requer um gabinete grande e 2 unidades de disco. Existem no estoque 60 unidades do gabinete pequeno, 50 do gabinete grande e 120 unidades de disco. Qual produção maximiza o lucro?

e) Sabe-se que uma pessoa necessita, em sua alimentação, de um mínimo de 15 unidades de proteínas e 20 unidades de carboidratos. Suponhamos que para satisfazer esta necessidade, ela disponha dos produtos A e B. Um Kg do produto A contém 3 unidades de proteínas, 10 de carboidrato e custa R$ 2,00. Um Kg do produto B contém 6 unidades de proteínas, 5 unidades de carboidratos e custa R$ 3,00. Que quantidade deve-se comprar de cada produto de modo que as exigências da alimentação sejam satisfeitas a um custo mínimo?

f) Para enfeitar uma orquídea são necessários 6 papéis seda enquanto para enfeitar uma bromélia são necessário 4 papéis seda. O tempo para enfeitar uma orquídea é de 30 minutos e para a bromélia é de 20 minutos. Dispõe-se de 300 papéis dentro de uma carga horária de 6 horas. Sabendo que o lucro da orquídea é R$ 50,00 reais e o da bromélia é R$ 28,00, quantas flores deverão ser enfeitadas para maximizar o lucro?

g) Uma indústria de laticínios produz creme de leite e iogurte. Para produzir 1 Kg de creme de leite são necessários 5 litros de leite e 10 ml de glicose, dando um lucro de R$ 1,00. Para produzir 1Kg de iogurte são necessários 10 litros de leite e 15 ml de glicose tendo um lucro de R$ 2,00. Sabendo-se que a indústria recebe diariamente 500 litros de leite e 150 ml de glicose, qual a produção maximiza o lucro?

3 Resolução de problemas que exigem uma solução inteira - exercícios de modelagem matemática nível I (Barbosa, 2001)

a) Uma transportadora utiliza burros e jumentos para transportar cargas entre duas cidades. A capacidade de carga de um burro é de 100 Kg, enquanto a do jumento é até 50 Kg. Durante a viagem, um burro consome 3 montes de capim e 100 litros de água. Um jumento consome 2 montes de capim e 30 litros de água. A empresa possui várias estações de alimentação intermediárias entre as duas cidades. Estas estações dispõem, no momento, de 900 litros de água e 35 montes de capim. Os burros e jumentos utilizados pela firma são alugados e o preço do aluguel é de R$ 30,00 por burro e R$ 20,00 por jumento. Existe no momento uma necessidade de transporte de 1000 kg. Quantos burros e jumentos devem ser utilizados de modo a minimizar o custo do aluguel?

b) Uma microempresa produz dois tipos jogos para adultos e sua capacidade de trabalho é de 50 horas semanais. O jogo A requer 3 horas para ser confeccionado e propicia um lucro de R$ 30,00, enquanto o jogo B precisa de 5 horas para ser produzido e acarreta um lucro de R$ 40,00. Quantas unidades de cada jogo devem ser produzidas semanalmente a fim de maximizar o lucro?

c) Uma pequena fábrica de móveis produz dois modelos de molduras ornamentais, cujos preços de venda são, respectivamente, R$ 110,00 e R$ 65,00. Ela possui 7 peças de madeira e dispõe de 30 horas de trabalho para confeccionar os dois modelos, sendo que o modelo A requer 2 peças de madeira e 5 horas de trabalho,enquanto o modelo B necessita de 1 peça de madeira e 7 horas de trabalho. Quantas molduras de cada modelo a fábrica deve montar se deseja maximizar o rendimento obtido nas vendas?

d) Para fazer 1 pão são necessários 2 ovos e 20g de açúcar e necessita de 15 minutos de mão de obra para ser produzido. Para fazer 1 cuca são necessários 4 ovos e 80 gramas de açúcar e 20 minutos de mão de obra. Dispõe-se de 100 unidades de ovos, 1800 gramas de açúcar e 480 minutos de mão de obra. O lucro de cada pão é de R$ 1,00 e o de cada cuca é de R$ 4,80. Quantos pães e cucas de vem ser feitos para obter o máximo de lucro?

e) Para fabricar 1 par de sapatos são necessários 50 cm^3 de couro enquanto que para fabricar 1 par de botas são necessários 70 cm^3. O tempo que leva 1 par de sapatos para ser produzido é de 60 min e o par de botas, 90 min. Dispõe-se de 3500 cm^3 de couro e 1440min para a produção. Sabendo que o lucro de sapato é de R$ 15,00 e o da bota é de R$ 25,00, quantas pares de cada produto deverão ser produzidos para maximizar o lucro?

f) Um empresário quer fabricar mesas e cadeiras. Para fabricar 1 mesa o empresário gasta 5m de ferro e $4m^2$ de madeira. Para fabricar 1 cadeira, precisa-se de 2m de ferro e $2m^2$ de madeira. Sabe-se que o lucro de 1 mesa é de R$ 25,00 e de 1 cadeira é de R$ 12,00. O estoque de ferro é 80m e o de madeira é de $70m^2$. Quantas mesas e cadeiras o empresário deverá fabricar para obter o máximo de lucratividade?

g) A fábrica de móveis Becker produz camas de solteiro e de casal obtendo lucro de R$ 80,00 e R$ 60,00, respectivamente, por unidade. A capacidade de produção é de 150 camas/mês. Já têm vendido 30 camas de casal e 40 camas de solteiro. Quanto de cada modelo deverá ser produzido para maximizar o lucro sendo que a venda máxima projetada é de 90 camas de solteiro e 80 de casal?

h) A empresa Alfa Refrigeração fabrica dois modelos de condensadores: ½ HP e 1/3HP. Para fabricação de cada modelo 1/2HP são necessários 300g de folha de alumínio, 280 g de chapa galvanizada e 100 g de tubo de cobre. Para fabricação de cada condensador 1/3HP são necessárias 250g de folha de alumínio, 150g de chapa galvanizada e 300g de tubo de cobre. Sabendo que a empresa tem disponível para consumo 70Kg de folha de alumínio, 55Kg de chapa galvanizada e 60 Kg de tubo de cobre e que o lucro do modelo 1/2Hp é de R$ 35,00 e do modelo 1/3HP é de R$ 28,00. Quantos condensadores de cada tipo a empresa deve produzir para otimizar o lucro total?

i) A fábrica de carros produz dois tipos de carros: original e delux. O original fornece um lucro de R$ 3.000,00 e o delux R$ 5.000,00. O original requer um motor 1.0 e um airbag e o delux requer um motor 1.8 e dois airbag. Há no estoque 400 motores 1.0 e 700 motores 1.8 e 1000 airbag. Qual a produção que maximiza o lucro?

ANEXO V – PÓS-TESTE E TABELAS 20 A 22

Centro Universitário UNIVATES
Pesquisa Operacional
Professora Márcia J. H. Rehfeldt
Nome do aluno:

PÓS-TESTE DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS

PARTE I – Resolução de sistemas lineares com duas equações e duas incógnitas:

Um caixa eletrônico trabalha apenas com notas de R$ 5,00 e R$ 10,00. Se uma pessoa tirou 12 notas, num total de R$ 80,00, quantas notas de cada espécie ela tirou?

PARTE II – Representação gráfica

Represente através de um gráfico a inequação $2x + y \geq 10$.

PARTE III – Representação algébrica através de inequações

Um fabricante de móveis manufatura cadeiras, mesinhas e mesas. Cada cadeira exige 10 minutos de lixagem, 6 minutos de pintura e 12 minutos de envernizamento. Cada mesinha exige 12 minutos de lixagem, 8 minutos de pintura e 12 minutos de envernizamento. Cada mesa exige 15 minutos de lixagem, 12 minutos de pintura e 18 minutos de envernizamento. A máquina de lixagem está disponível 16 horas por semana, a de pintura 11 horas por semana e a de envernizamento 18 horas por semana. Represente a situação acima algebricamente através de inequações.

As oito questões - Parte I

a) Um caixa eletrônico trabalha apenas com notas de R$ 5,00 e R$ 10,00. Se uma pessoa tirou 12 notas, num total de R$ 80,00, quantas notas de cada espécie ela tirou?

b) Numa praça brincam 50 crianças. Todas elas têm ou bicicleta ou triciclo totalizando 128 rodas. Quantas crianças têm bicicletas e quantas crianças têm triciclos?

c) Cristina foi a uma papelaria comprar fichários e canetas. As canetas custavam R$ 2,50 cada e os fichários, R$ 5,00 cada. Cristina gastou R$ 40,00 e comprou 11 unidades, entre fichários e canetas. Quantas canetas e quantos fichários Cristina comprou?

d) Um caminhão pode levar, no máximo, 58 caixas do tipo A ou B, de mesmo tamanho. Elas têm respectivamente 56 kg e 72 kg. A carga para este caminhão é 3.840 kg em cada viagem. Quantas caixas de cada tipo são transportadas por esse caminhão, estando ele com a capacidade máxima ocupada?

e) Maria foi ao supermercado e comprou pacotes de 1 Kg de feijão e de 1 Kg de arroz. Ao todo trouxe 11 pacotes que totalizaram R$ 37,75. Cada 1 Kg de feijão custa R$ 4,50 e cada 1 kg de arroz custa R$ 2,15. Nessas condições, quantos pacotes de cada tipo Maria comprou?

f) Carlos estudou para um concurso e no dia da avaliação gabaritou as duas provas que realizou. Ao todo respondeu 12 questões. Na prova 1 cada questão tinha peso 2 e na prova 2, cada questão valia 1 ponto. Sabendo que Carlos somou 16 pontos, quantas questões havia em cada prova?

g) Ana foi a uma loja para comprar CDs e cadernos. Cada CD custava R$ 30,00 e cada caderno R$ 23,00. Sabe-se que Ana comprou exatamente 11 objetos e gastou R$ 295,00. Quantos cadernos e quantos CDs Ana comprou?

h) Num baile, o convite para homens custava R$ 15,00 e para mulheres R$ 10,00. Sabendo que o número de mulheres que foram ao baile excede de 5 o número de homens e que, ao todo, firam arrecadados R$ 550,00, pergunta-se: qual é o número de homens que foram ao baile?

As oito questões - Parte II

a) Represente através de um gráfico a inequação $2x + y \geq 30$.
b) Represente através de um gráfico a inequação $3x + y \geq 18$.
c) Represente através de um gráfico a inequação $2x + y \leq 6$.
d) Represente através de um gráfico a inequação $2x + 3y \leq 18$.
e) Represente através de um gráfico a inequação $2x + y \geq 10$.
f) Represente através de um gráfico a inequação $3x + y \geq 15$.
g) Represente através de um gráfico a inequação $2x + y \leq 4$.
h) Represente através de um gráfico a inequação $2x + 3y \leq 12$.

As oito questões - Parte III

a) Um nutricionista está preparando uma refeição que consiste nos elementos A, B e C. Cada grama do alimento A contém 2 unidades de proteína, 3 unidades de gordura e 4 unidades de carboidrato. Cada grama do alimento B contém 3 unidades de proteína, 2 unidades de gordura e 1 unidade de carboidrato. Cada unidade do alimento C contém 3 unidades de proteína, 3 unidades de gordura e 2 unidades de carboidrato. A refeição deve fornecer no mínimo 25 unidades de proteína, no máximo 24 unidades de gordura e exatamente 21 unidades de carboidrato. Represente esta situação através de inequações.

b) Um fabricante produz reveladores de filmes para 2 minutos, 6 minutos e 9 minutos. Cada tonelada de revelador de 2 minutos exige 6 minutos na máquina A e 24 minutos na máquina B. Cada revelador de 6 minutos exige 12 minutos na máquina A e 12 minutos na máquina B. Cada revelador de 9 minutos exige 12 minutos na máquina A e 12 minutos na máquina B. A máquina A está disponível 10 horas por dia e a máquina B está disponível 16 horas por dia. Represente esta situação através de inequações.

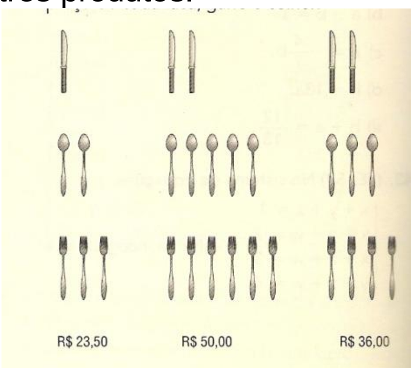
c) Ana foi a uma loja para comprar CDs e cadernos. Cada CD custava R$ 30,00 e cada caderno R$ 23,00. Sabe-se que Ana comprou mais de 10 objetos e gastou menos de R$ 300,00. Represente a situação acima algebricamente através de inequações.

d) Uma empresa produz os produtos A e B. Cada unidade do produto A para ser fabricada leva 5 minutos no setor montagem, 10 minutos no setor de pintura e 4 minutos para ser embalado. Cada unidade do produto B leva 6 minutos no setor de montagem, 8 minutos no setor de pintura e 3 minutos para ser embalado. O tempo disponível para cada setor é 12 horas para a montagem, 24 horas para a pintura e 8 horas para a embalagem. Represente esta situação através de inequações.

e) Um fabricante de móveis manufatura cadeiras, mesinhas e mesas. Cada cadeira exige 10 minutos de lixagem, 6 minutos de pintura e 12 minutos de envernizamento. Cada mesinha exige 12 minutos de lixagem, 8 minutos de pintura e 12 minutos de envernizamento. Cada mesa exige 15 minutos de lixagem, 12 minutos de pintura e 18 minutos de envernizamento. A máquina de lixagem está disponível 16 horas por semana, a de pintura 11 horas por semana e a de envernizamento 18 horas por semana. Represente a situação acima algebricamente através de inequações.

f) Cristina foi a uma papelaria comprar fichários e canetas. As canetas custavam R$ 2,50 cada e os fichários, R$ 5,00 cada. Cristina tinha R$ 40,00 para gastar na papelaria e comprou mais de 10 unidades, entre fichários e canetas. Represente a situação acima algebricamente através de inequações.

g) Na figura abaixo há três anúncios e o valor máximo a ser pago pela compra dos três produtos.



h) Numa liquidação, João, Ana e Luís resolveram comprar livros, CDs e DVDs. João tinha R$ 70,00 e comprou um livro, 3 CDs e um DVD. Ana tinha R$ 80,00 e comprou 2 livros, 2 CDs e dois DVDs. Luís tinha R$ R$ 75,00 comprando 3 livros, 1 CD e um DVD. Represente a situação acima algebricamente através de inequações.

Tabela 20 – Resultados da questão número 1 do pós-teste, versão 2008 B

Aluno	Correta/incorreta	Modo de resolução
Aluno 1	Correta	Através do método da adição
Aluno 2	Correta	Através do método da adição
Aluno 3	Correta	Através do método da adição
Aluno 4	Correta	Através do método da adição
Aluno 5	Correta	Através do método de substituição
Aluno 6	Correta	Através do método da adição
Aluno 7	Correta	Através do método da adição
Aluno 8	Não conseguiu finalizar	Retirou apenas dados sem conseguir equacionar
Aluno 9	Correta	Através do método da adição
Aluno 10	Correta	Através do método da adição
Aluno 11	Correta	Através do método da adição
Aluno 12	Correta	Através do método da adição
Aluno 13	Correta	Retirou os dados sem conseguir equacionar. A resposta encontrada por tentativa e erro satisfaz as equações
Aluno 14	Correta	Através do método da adição
Aluno 15	Correta	Através do método do método de substituição
Aluno 16	Correta	Através do método da adição
Aluno 17	Correta	Através do método da adição
Aluno 18	Correta	Através do método da adição
Aluno 19	Correta	Através do método da adição
Aluno 20	Correta	Através do método da adição
Aluno 21	Incorreta	Escreveu uma das equações de forma incorreta, o que motivou o erro.
Aluno 22	Correta	Através de tentativa e erro, embora tenha mostrado evidências de conhecimentos equacionamento algébrico
Aluno 23	Incorreta	Escreveu uma das equações de forma incorreta, o que motivou o erro.
Aluno 24	Correta	Através do método de substituição
Aluno 25	Incorreta	Tentou resolver graficamente através do software graphmatica e por tentativa e erro, sem sucesso
Aluno 26	Correta	Através do método da adição. Conferiu as respostas nas duas equações.
Aluno 27	Correta	Há evidências de equacionamento
Aluno 28	Correta	Através do método da adição
Aluno 29	Correta	Através do método da adição
Aluno 30	Correta	Há evidências de equacionamento, mas a resposta foi encontrada por tentativa e erro usando a aritmética
Aluno 31	Correta	Através do método da adição
Aluno 32	Correta	Através do método de substituição
Aluno 33	Incorreta	Escreveu uma das equações de forma incorreta, o que motivou o erro.
Aluno 34	Correta	Através do método da adição
Aluno 35	Correta	Há evidências de equacionamento, mas a resposta foi encontrada por tentativa e erro usando a aritmética
Aluno 36	Parcialmente correta	Através do método da adição, mas encontrou apenas uma das duas respostas
Aluno 37	Incorreta	Tentou equacionar, mas uma delas está incorreta
Aluno 38	Não conseguiu finalizar	Tentou equacionar, mas não está correto

Aluno	Correta/incorreta	Modo de resolução
Aluno 39	Correto	Há evidências de equacionamento, mas a resposta foi encontrada por tentativa e erro usando a aritmética
Aluno 40	Correto	Através do método da adição
Aluno 41	Correto	Há evidências de equacionamento e busca da resposta por tentativa e erro, usando a aritmética
Aluno 42	Correto	Através do método da adição
Aluno 43	Correto	Usando a aritmética, por tentativa e erro
Aluno 44	Correto	Houve equacionamento, há evidências do resultado ter sido encontrado graficamente
Aluno 45	Não conseguiu finalizar	Retirou apenas alguns dados
Aluno 46	Correta	Através do método da adição
Aluno 47	Não conseguiu resolver	Tentou equacionar, sem sucesso
Aluno 48	Correta	Através do método da adição
Aluno 49	Correta	Através do método da adição
Aluno 50	Incorreta	Escreveu uma das equações de forma incorreta, o que motivou o erro.
Aluno 51	Correta	Não há evidências de como a questão foi resolvida
Aluno 52	Correta	Usando a aritmética, por tentativa e erro
Aluno 53	Correta	Através do método da adição
Aluno 54	Correta	Através do método da adição
Aluno 55	Correta	Através do método da adição
Aluno 56	Correta	Através do método da adição
Aluno 57	Correta	Através do método da adição
Aluno 58	Incorreta	Escreveu uma das equações de forma incorreta, o que motivou o erro.
Total corretas	46	
Total incorretas	7	
Não conseguiu finalizar/resolver	4	
Parcialmente corretas	1	

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 21 – Resultados da questão número 2 do pós-teste, versão 2008 B

Aluno	Correta/incorreta	Modo de resolução
Aluno 1	Correta	Gráfico, sem tabela
Aluno 2	Correta	Gráfico, sem tabela
Aluno 3	Correta	Gráfico, sem tabela
Aluno 4	Correta	Gráfico, destacando os pontos de interseção com os eixos
Aluno 5	Correta	Gráfico, sem tabela
Aluno 6	Correta	Gráfico, sem tabela
Aluno 7	Parcialmente correta	Gráfico, representou apenas a equação
Aluno 8	Correta	Gráfico, destacando os pontos de interseção com os eixos
Aluno 9	Correta	Gráfico, destacando os pontos de interseção com os eixos e com tabela
Aluno 10	Correta	Gráfico, sem tabela
Aluno 11	Correta	Gráfico, destacando os pontos de interseção com os eixos
Aluno 12	Correta	Gráfico, com tabela
Aluno 13	Correta	Gráfico, sem tabela
Aluno 14	Correta	Gráfico, destacando os pontos de interseção com os eixos
Aluno 15	Correta	Gráfico, sem tabela
Aluno 16	Correta	Gráfico, sem tabela
Aluno 17	Correta	Gráfico, sem tabela

Aluno	Correta/incorreta	Modo de resolução
Aluno 18	Correta	Gráfico, sem tabela
Aluno 19	Correta	Gráfico, sem tabela
Aluno 20	Correta	Gráfico, sem tabela
Aluno 21	Correta	Gráfico, destacando os pontos de interseção com os eixos
Aluno 22	Correta	Gráfico, sem tabela
Aluno 23	Correta	Gráfico, sem tabela
Aluno 24	Correta	Gráfico, com tabela
Aluno 25	Correta	Gráfico, destacando os pontos de interseção com os eixos
Aluno 26	Correta	Gráfico, sem tabela
Aluno 27	Correta	Gráfico, sem tabela
Aluno 28	Correta	Gráfico, sem tabela
Aluno 29	Correta	Gráfico, sem tabela
Aluno 30	Correta	Gráfico, com tabela
Aluno 31	Correta	Gráfico, destacando os pontos de interseção com os eixos
Aluno 32	Correta	Gráfico, sem tabela
Aluno 33	Incorreta	Gráfico, mas um dos pontos está incorreto e não há região destacada
Aluno 34	Correta	Gráfico, destacando os pontos de interseção com os eixos
Aluno 35	Correta	Gráfico, com tabela
Aluno 36	Correta	Gráfico, sem tabela
Aluno 37	Correta	Gráfico, destacando os pontos de interseção com os eixos
Aluno 38	Correta	Gráfico, destacando os pontos de interseção com os eixos
Aluno 39	Correto	Gráfico, sem tabela
Aluno 40	Correto	Gráfico, destacando os pontos de interseção com os eixos
Aluno 41	Correto	Gráfico, destacando os pontos de interseção com os eixos
Aluno 42	Correto	Gráfico, com tabela
Aluno 43	Correto	Gráfico, com tabela
Aluno 44	Correto	Gráfico, sem tabela
Aluno 45	Correto	Gráfico, com cálculo de pontos
Aluno 46	Correta	Gráfico, destacando os pontos de interseção com os eixos
Aluno 47	Correta	Gráfico, sem tabela
Aluno 48	Correta	Gráfico, sem tabela
Aluno 49	Correta	Gráfico, com cálculo de pontos
Aluno 50	Correta	Gráfico, sem tabela
Aluno 51	Correta	Gráfico, destacando os pontos de interseção com os eixos
Aluno 52	Correta	Gráfico, sem tabela
Aluno 53	Incorreta	Representou incorretamente a desigualdade.
Aluno 54	Correta	Gráfico, com tabela
Aluno 55	Correta	Gráfico, sem tabela
Aluno 56	Correta	Gráfico, com tabela
Aluno 57	Correta	Gráfico, sem tabela
Aluno 58	Correta	Gráfico, sem tabela – faltou um pouco de precisão
Total corretas	55	
Incorretas	2	
Parcialmente corretas	1	

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 22 – Resultados da questão número 3 do pós-teste, versão 2008 B

Aluno	Correta/incorreta	Modo de resolução
Aluno 1	Correta	Representou diretamente a inequação
Aluno 2	Correta	Representou a inequação com auxílio de esquema
Aluno 3	Correta	Representou diretamente a inequação
Aluno 4	Correta	Representou a inequação com auxílio de esquema
Aluno 5	Correta	Representou diretamente a inequação
Aluno 6	Correta	Representou diretamente a inequação
Aluno 7	Correta	Representou diretamente a inequação
Aluno 8	Incorreta	Representou como equação e não converteu horas em minutos, embora tenha usado uma tabela
Aluno 9	Parcialmente correta	Representou corretamente a inequação, mas não converteu horas para minutos. Usou tabela.
Aluno 10	Parcialmente correta	Representou corretamente a inequação, mas não converteu horas para minutos. Usou tabela.
Aluno 11	Correta	Representou diretamente a inequação
Aluno 12	Correta	Representou a inequação com auxílio de esquema
Aluno 13	Incorreta	Não representou corretamente, embora tenha esquema
Aluno 14	Correta	Representou diretamente a inequação
Aluno 15	Correta	Representou a inequação com auxílio de esquema
Aluno 16	Incorreta	Não representou corretamente a inequação, embora tenha usado esquema
Aluno 17	Correta	Representou a inequação com auxílio de esquema
Aluno 18	Correta	Representou diretamente a inequação
Aluno 19	Correta	Representou a inequação com auxílio de esquema
Aluno 20	Parcialmente correta	Uma das inequações não está representada corretamente
Aluno 21	Incorreta	Representou em forma de equação
Aluno 22	Incorreta	Não representou corretamente a inequação, embora tenha usado esquema
Aluno 23	Correta	Representou diretamente a inequação
Aluno 24	Parcialmente correta	Uma das inequações não está correta
Aluno 25	Correta	Representou a inequação com auxílio de esquema
Aluno 26	Parcialmente correta	Uma das inequações não está correta
Aluno 27	Parcialmente correta	A representação das inequações está correta, mas esqueceu de converter horas em minutos
Aluno 28	Correta	Representou diretamente a inequação
Aluno 29	Correta	Representou diretamente a inequação
Aluno 30	Parcialmente correta	A representação das inequações está correta, mas esqueceu de converter horas em minutos
Aluno 31	Parcialmente correta	A representação das inequações está correta, mas esqueceu de converter horas em minutos
Aluno 32	Correta	Representou a inequação com auxílio de esquema
Aluno 33	Incorreta	Não representou corretamente a inequação, embora tenha usado esquema
Aluno 34	Parcialmente Correta	A representação das inequações está correta, mas esqueceu de converter horas em minutos
Aluno 35	Correta	Representou a inequação com auxílio de esquema
Aluno 36	Correta	Representou diretamente a inequação
Aluno 37	Correta	Representou a inequação com auxílio de esquema
Aluno 38	Correta	Representou a inequação com auxílio de esquema
Aluno 39	Correto	Representou a inequação com auxílio de esquema
Aluno 40	Correto	Representou diretamente a inequação
Aluno 41	Correto	Representou diretamente a inequação
Aluno 42	Parcialmente correta	A representação das inequações está correta, mas esqueceu de converter horas em minutos
Aluno 43	Parcialmente correta	A representação das inequações está correta, mas esqueceu de converter horas em minutos
Aluno 44	Incorreta	Não representou corretamente a inequação

Aluno	Correta/incorreta	Modo de resolução
Aluno 45	Parcialmente correta	A representação das inequações está correta, mas esqueceu de converter horas em minutos
Aluno 46	Parcialmente correta	Uma das inequações não está corretamente representada
Aluno 47	Parcialmente correta	Uma das inequações não está corretamente representada
Aluno 48	Correta	Representou a inequação com auxílio de esquema
Aluno 49	Parcialmente correta	Uma das inequações não está corretamente representada
Aluno 50	Correta	Representou a inequação com auxílio de esquema
Aluno 51	Parcialmente correta	A representação das inequações está correta, mas esqueceu de converter horas em minutos
Aluno 52	Parcialmente correta	A representação das inequações está correta, mas esqueceu de converter horas em minutos
Aluno 53	Parcialmente correta	Uma das inequações não está representada corretamente
Aluno 54	Parcialmente correta	Uma das inequações não está representada corretamente
Aluno 55	Parcialmente correta	Uma das inequações não está representada corretamente
Aluno 56	Parcialmente correta	Uma das inequações não está representada corretamente
Aluno 57	Correta	Representou a inequação com auxílio de esquema
Aluno 58	Correta	Representou diretamente a inequação
Total corretas	30	
Incorretas	7	
Parcialmente corretas	21	

Fonte: Elaborado pela autora

ANEXO VI – OS MODELOS MATEMÁTICOS INICIAIS

Modelo matemática inicial do aluno 12

Uma unidade da Cooperativa de Credito de [...] está cadastrando cestas de relacionamento na conta dos associados, tem por objetivo cadastrar em 100% das contas, hoje conta com 6.368 contas. Trabalha com três tipos de cestas, Cesta Prática que tem um custo para o associado e um lucro para a Cooperativa de R$4,80 por mês, a Cesta Especial R$10,20 e a Cesta Plus de R$22,00. A unidade quer saber quantas cestas precisa cadastrar de cada tipo para atingir o lucro máximo, sendo que já tem cadastrado 856 cestas prática, 1221 especial e 48 plus.

```
Max  4,8p+10,20e+22,00u
st
p>=856
e>=1221
u>=48
p+e+u<=6368
end
gin 3

   OBJECTIVE FUNCTION VALUE

        1)      110965.0

  VARIABLE        VALUE          REDUCED COST
         P         856.000000         -4.800000
         E        1221.000000        -10.200000
         U        4291.000000        -22.000000


       ROW   SLACK OR SURPLUS     DUAL PRICES
        2)           0.000000            0.000000
        3)           0.000000            0.000000
        4)        4243.000000            0.000000
        5)           0.000000            0.000000
```

O lucro máximo que a unidade pode atingir com o cadastramento das cestas é de R$110.965,00, sendo que para a cesta prática e para a cesta especial não serão cadastradados nenhuma cesta a mais do que já tem cadastrado., porém da cesta plus devem ser cadastrados no total 4.291, como já tem 48 cadastrados falta cadastrar 4243 cestas.

Modelo matemático inicial do aluno 15

A [...] é uma empresa recém constituída, com 3 sócios e com um capital inicial de R$ 30.000,00, que trabalha basicamente com o comércio de pescados (peixe) em duas linhas, Peixes de Água Doce e Peixes de Água Salgada, sendo que querem investir de forma igual nas duas linhas de produto, ou seja 50% do capital em cada uma delas. Para atender uma carteira de clientes pré-estabelecida, a partir de um estudo de mercado, eles teriam que investir em quatro produtos principais, dois de água doce e dois de água salgada, nos de água salgada Filé de Congrio e Filé de Anjo e nos de água doce Filé de Tilápia e Filé de Violinha, levando em conta ainda que para atender bem seus clientes terão que ter um estoque mínimo de 300kg de Congrio, 150kg de Tilápia, 850kg de Anjo e 600kg de Violinha e que cada quilo destes produtos custam R$ 19,00, R$ 9,60, R$ 7,50 e R$ 8,00 respectivamente de que maneira eles poderiam otimizar a utilização deste capital e comprar a maior quantidade possível de peixe?

Resolução:

	Quant. Min.	Custo (kg)	Total
Anjo (S)	850	7,5	
Congrio (S)	300	19,00	
Tilápia (D)	150	9,60	
Violinha (D)	600	8,00	
		30.000,00	

(S): Linha Água Salgada
(D): Linha Água Doce

```
min7.5A+19C+9.6T+8V
st
7.5A+19C+9.6T+8V>=30000
A>850
C>300
T>150
V>600
7.5A+300C>=15000
9.6T+8V>=15000
end
```

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

```
1)     30000.00

VARIABLE        VALUE            REDUCED COST
A            850.000000        0.000000
C            453.947357        0.000000
T           1062.500000        0.000000
V            600.000000        0.000000


ROW   SLACK OR SURPLUS     DUAL PRICES
2)        0.000000          -1.000000
3)        0.000000           0.000000
4)      153.947372           0.000000
5)      912.500000           0.000000
6)        0.000000           0.000000
7)   127559.210938           0.000000
8)        0.000000           0.000000
```

Resposta:
Para que possa minimizar os custos e maximizar a utilização do capital a […] deverá comprar 850kg de Peixe Anjo, 453,94kg de Congrio, 1062,5kg de Tilápia e 600kg de Filé de Violinha.

Modelo matemático inicial do aluno 19
A Malharia [...] situada [...] é administrada pela Sra Vanda (minha mãe) e comercializa diversos itens sob medida (abrigos, blusões, casacos, calças, etc). Entre os produtos que são produzidos mensalmente estão o casaco e a blusa. Para um casaco necessita-se de 6 horas para produzir uma unidade e 4 horas para produzir uma unidade de blusa. Utiliza-se 500 g de lã para um casaco e 350g de lã para uma blusa. Obtém-se um lucro de R$ 35,00 por casaco e R$ 25,00 por blusa. A empresa dispõe para a fabricação destes itens a empresa possue 150 horas e dispõe de 100kg de estoque de lã. Tendo em vista que a empresa produz outros itens sob medida ela pode produzir no máximo 30 itens de casacos e blusas
Qual a produção para maximizar o lucro?

	Casaco	Blusa	Total
Produção	-	-	30
Horas	6	4	150
Kg de lã	500	350	100000
Lucro	35	25	

```
Max 35C + 25B
St
C+B<=30
6C + 4B <=150
500C + 350B<=100000
end
gin 2

        OBJECTIVE FUNCTION VALUE

        1)      900.0000

  VARIABLE        VALUE          REDUCED COST
        C             15.000000       -35.000000
        B             15.000000       -25.000000


       ROW   SLACK OR SURPLUS     DUAL PRICES
        2)                  0.000000         0.000000
        3)                  0.000000         0.000000
        4)                  87250.000000  0.000000
```

A maximização do lucro está em R$ 900,00. com a produção de 15 blusas e 15 casacos. Não sobraria nenhuma hora e sobraria um estoque de 87250 gramas de lã.

Modelo matemático do aluno 37

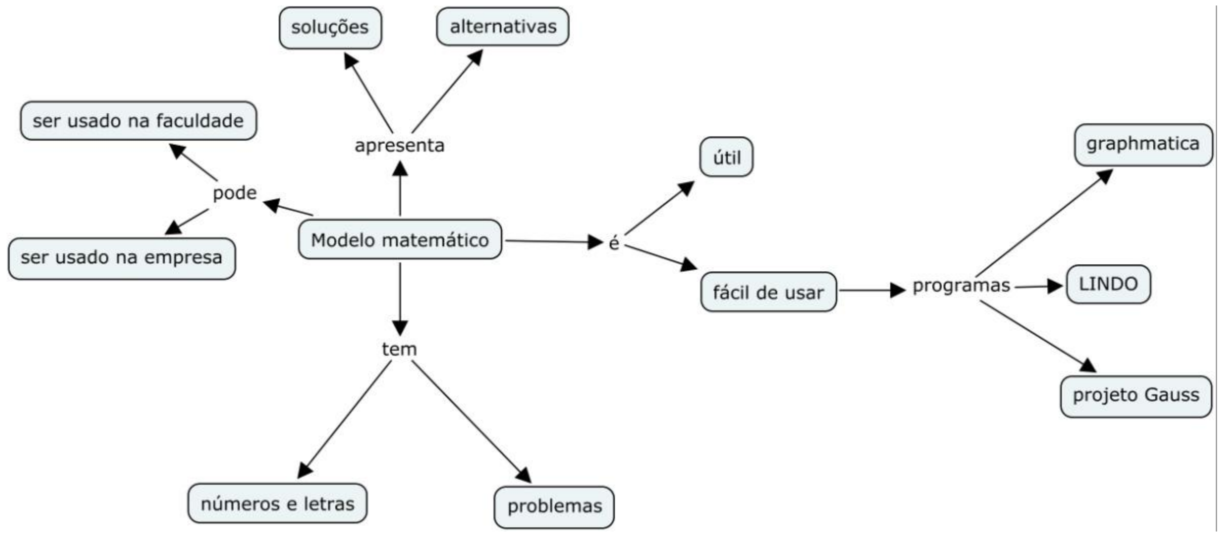
Para fazer 1 bolo são necessários 4 ovos, 220 gramas de farinha de trigo e de 300 gramas açúcar e necessita de 20 minutos de mão de obra para ser produzido. Para fazer 1 cuca são necessários 3 ovos, 440 gramas farinha de trigo e 150 gramas açúcar e 15 minutos de mão de obra. Dispõe-se de 72 unidades de ovos, 2500 gramas de farinha de trigo, 2000 gramas de açúcar e 480 minutos de mão de obra. O lucro de cada bolo é de R$ 2,50 e o de cada cuca é de R$ 3,00. Quantos pães e cucas devem ser feitos para obter o máximo de lucro?

	Bolo	Cuca	Total
Ovos	4	3	72
Farinha	220	440	2500
Açúcar	300	150	2000
Tempo	20	15	480
Lucro	2,50	3,0	?

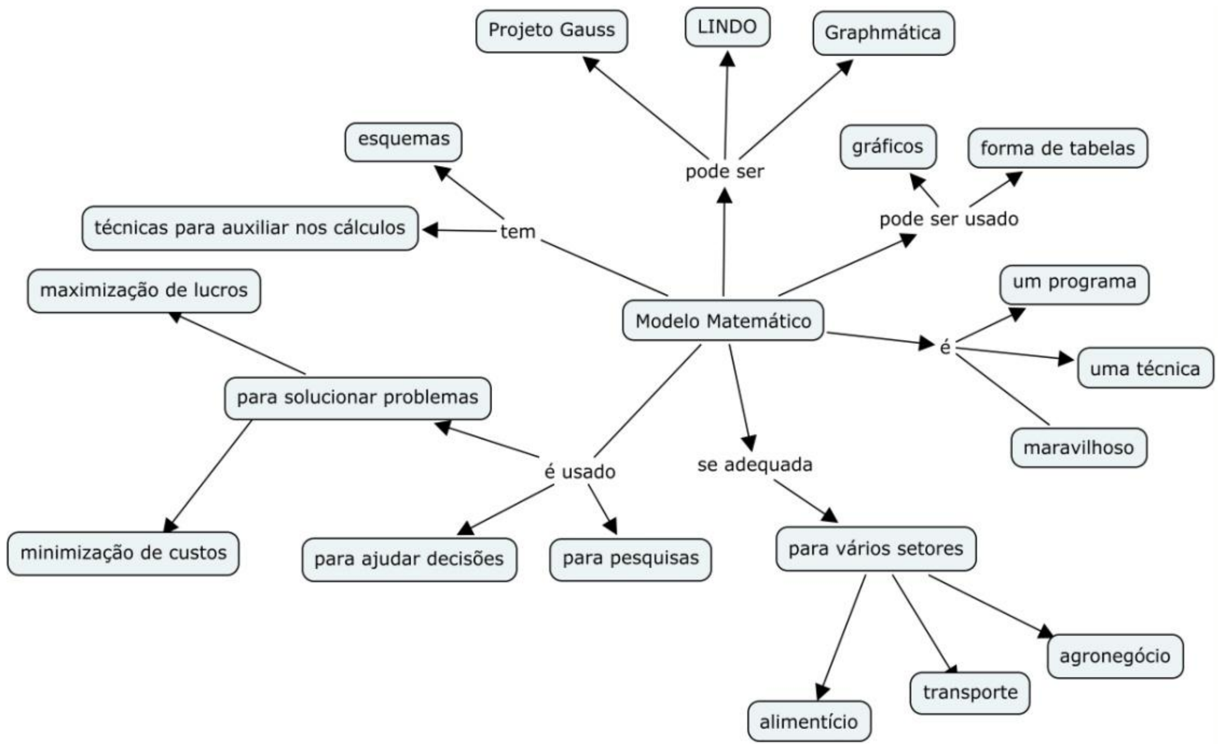
```
Max 2.50B+3C
ST
4B+3C<=72
220B+440C<=2500
300B+150C<=2000
20B+15C<=480
END
GIN 2

 1)      21.50000
 VARIABLE        VALUE          REDUCED COST
       B              5.000000         -2.500000
       C              3.000000         -3.000000
     ROW   SLACK OR SURPLUS     DUAL PRICES
      2)              43.000000         0.000000
      3)              80.000000         0.000000
      4)              50.000000         0.000000
      5)             335.000000         0.000000
```

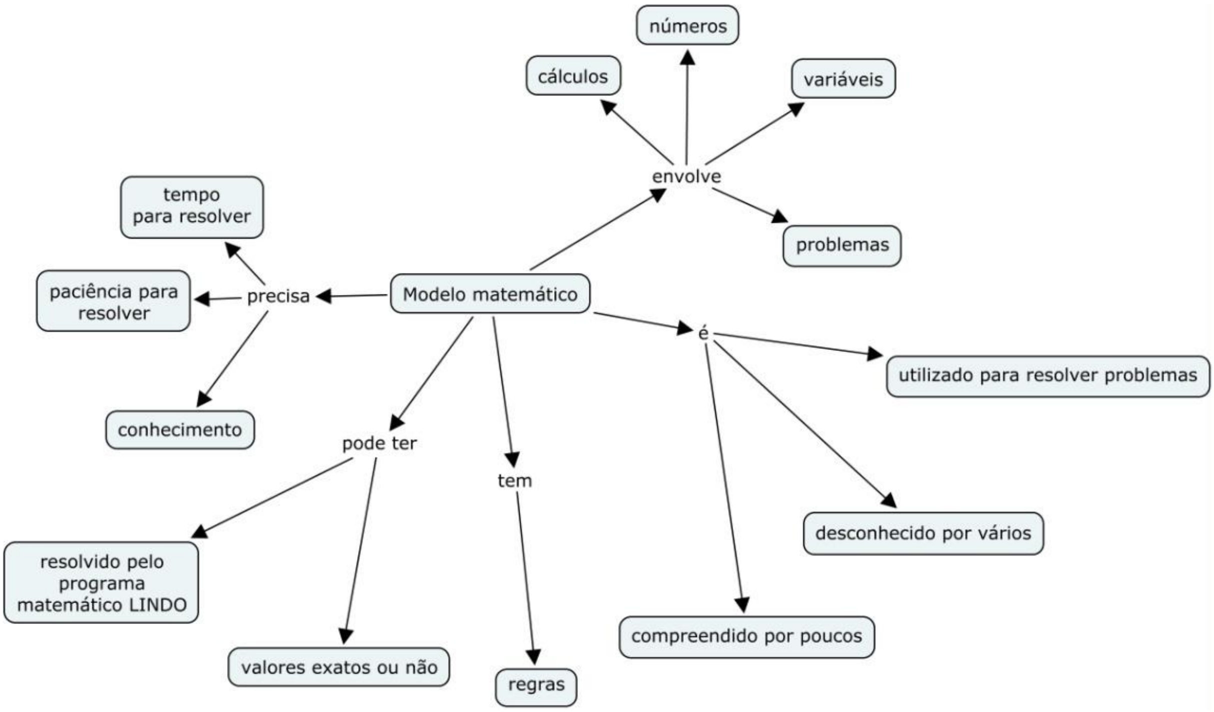
ANEXO VII – MAPAS CONCEITUAIS INICIAIS E QUADRO 9



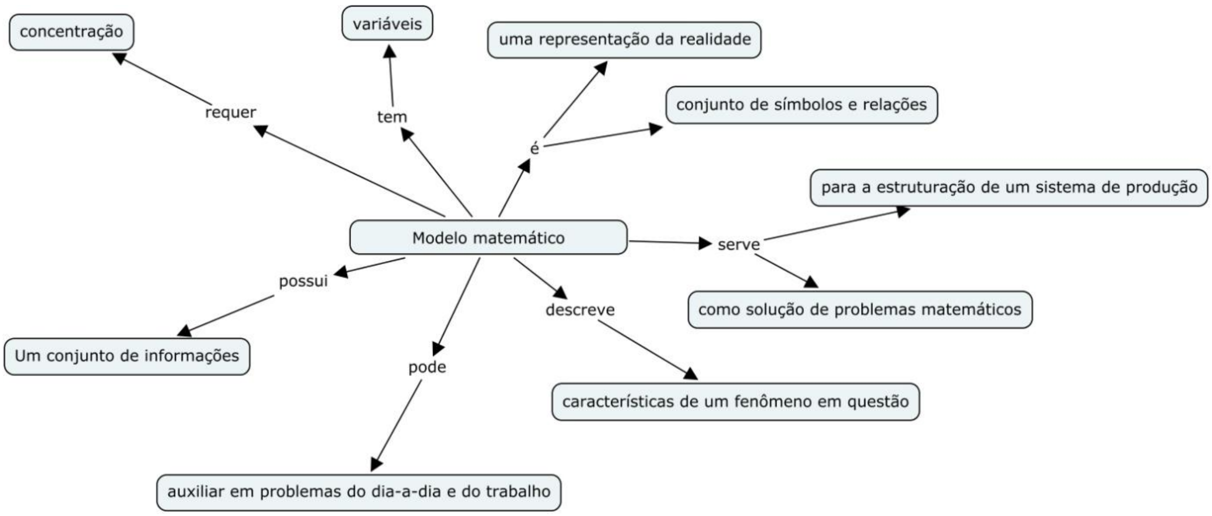
Fonte: Aluno 1



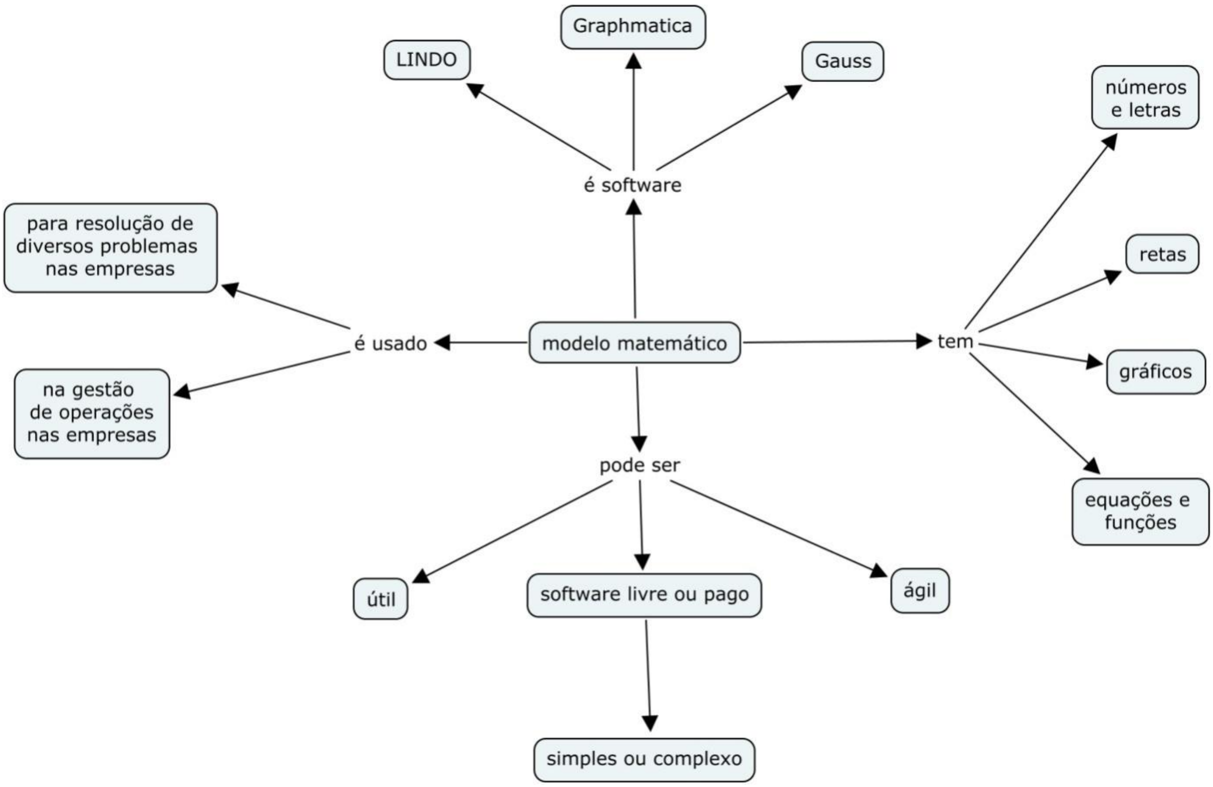
Fonte: Aluno 3



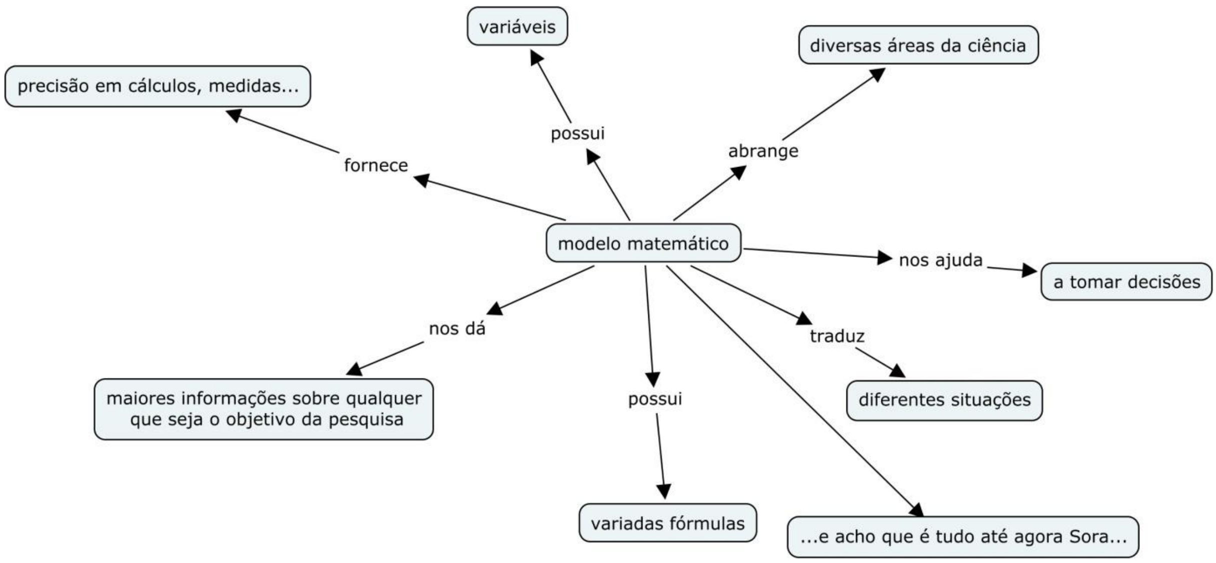
Fonte: Aluno 4



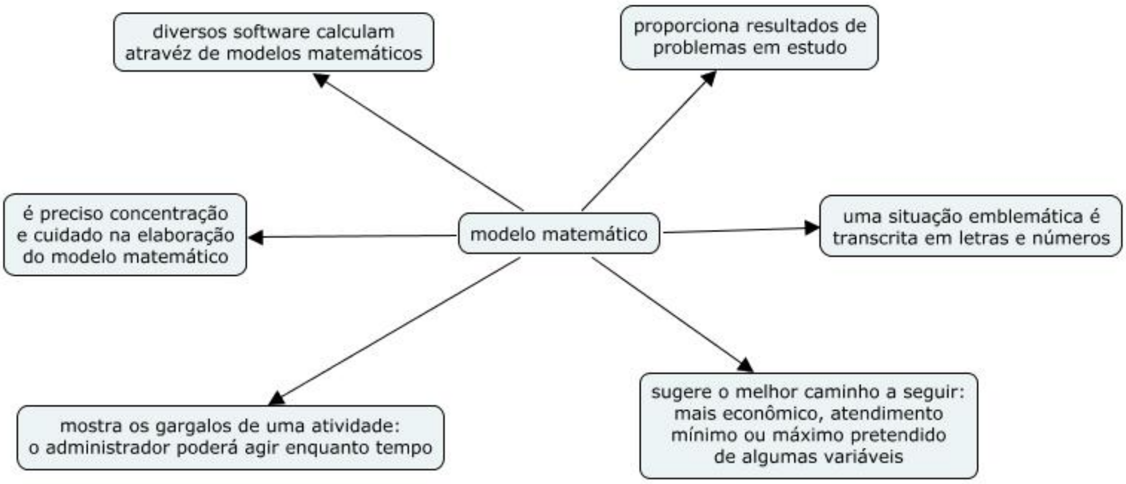
Fonte: Aluno 6



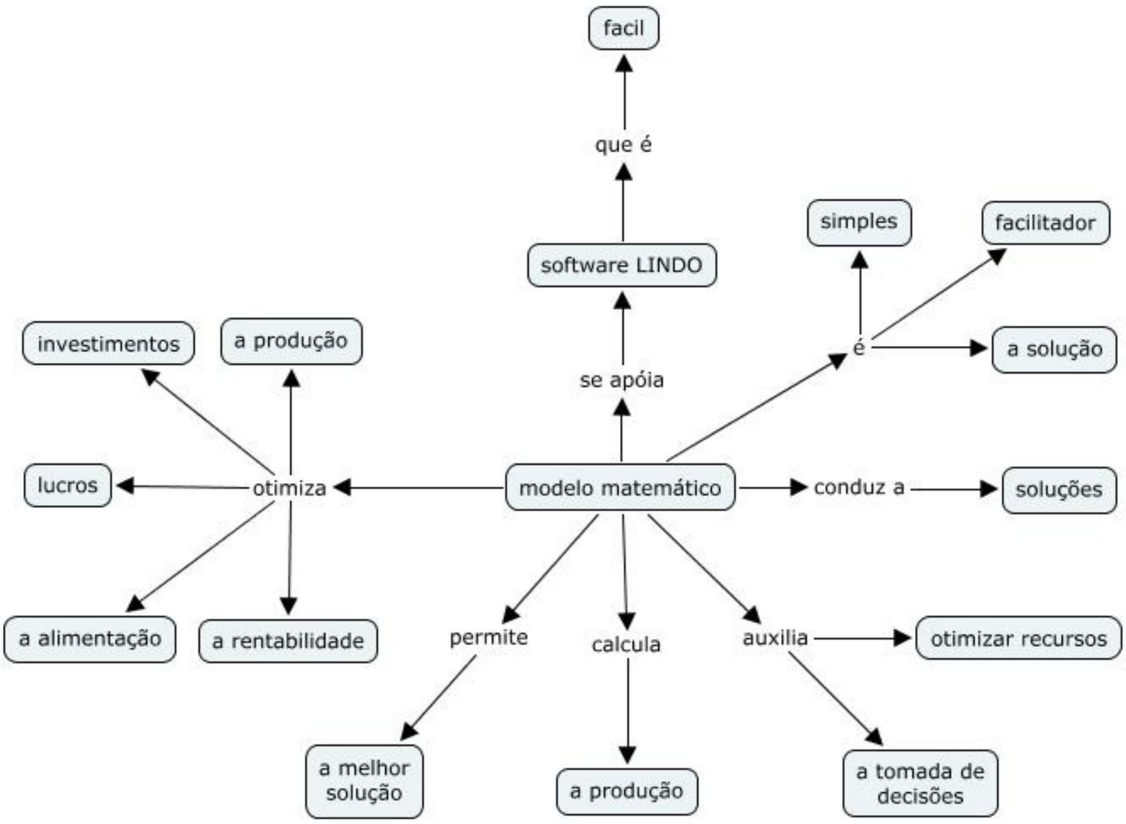
Fonte: Aluno 17



Fonte: Aluno 22



Fonte: Aluno 42



Fonte: Aluno 50

Quadro 9 – Número de conceitos iniciais, finais, frases de ligação iniciais, finais, conceitos e frases de ligação excluídas ou alteradas

Aluno	Conceitos iniciais	Conceitos finais	Frases de ligação inicial	Frases Final	Conceitos excluídos/alterados	Frases de ligação excluídos/alterados
Aluno 1	12	23	5	7	2	0
Aluno 2	19	20	6	6	0	1
Aluno 3	13	13	2	3	4	0
Aluno 4	13	19	5	8	0	0
Aluno 5	13	18	4	4	0	0
Aluno 6	9	14	7	9	0	0
Aluno 7	9	9	4	4	0	4
Aluno 8	8	8	0	8	0	0
Aluno 9	15	28	6	8	0	0
Aluno 10	9	10	3	4	0	0
Aluno 11	10	15	3	3	0	0
Aluno 12	8	15	4	6	0	0
Aluno 13	7	9	0	4	2	0
Aluno 14	10	13	8	11	1	0
Aluno 15	17	24	5	5	0	0
Aluno 16	12	14	4	4	0	0
Aluno 17	12	16	4	5	1	0
Aluno 18	7	16	7	12	0	0
Aluno 19	11	16	6	8	0	0
Aluno 20	11	13	4	5	0	0
Aluno 21	18	24	8	12	0	0
Aluno 22	8	13	6	12	0	0
Aluno 23	12	16	4	4	0	0
Aluno 24	10	19	5	5	0	0
Aluno 25	18	19	9	10	0	0
Aluno 26	5	12	5	8	0	0
Aluno 27	8	9	3	4	0	0
Aluno 28	8	14	6	10	1	1
Aluno 29	27	27	3	3	0	0
Aluno 30	14	28	3	6	0	0
Aluno 31	9	13	7	9	0	0
Aluno 32	9	15	4	5	0	0
Aluno 33	6	10	4	8	0	0
Aluno 34	18	30	8	14	0	1
Aluno 35	10	16	4	7	0	0
Aluno 36	5	13	3	6	0	0
Aluno 37	14	18	4	4	0	0
Aluno 38	13	17	6	6	0	0
Aluno 39	18	22	5	5	2	0
Aluno 40	6	7	5	6	1	0
Aluno 41	9	11	6	7	1	1
Aluno 42	6	10	0	10	0	0
Aluno 43	9	13	4	4	2	0
Aluno 44	9	10	7	7	6	0
Aluno 45	6	10	4	6	1	0
Aluno 46	23	30	7	7	1	0
Aluno 47	9	10	5	5	1	0
Aluno 48	10	19	4	6	0	0
Aluno 49	6	14	3	6	0	0
Aluno 50	15	20	8	8	1	1
Aluno 51	11	14	6	6	0	0
Aluno 52	7	11	5	7	0	0
Aluno 53	8	13	4	4	0	0
Aluno 54	8	16	4	6	0	0
Aluno 55	4	9	3	6	0	0
Aluno 56	11	19	3	4	0	0
Aluno 57	13	13	7	7	7	0
Aluno 58	13	16	6	7	2	0

Fonte: Elaborado pela autora

ANEXO VIII – MODELOS MATEMÁTICOS FINAIS E QUADRO 10

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES

CURSO DE ADMINISTRAÇÃO

PESQUISA OPERACIONAL APLICADA A COOPERATIVA DE CRÉDITO DE [...] – [...] VALE DO TAQUARI

Aluno 12

Lajeado, novembro de 2008.

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
CURSO DE ADMINISTRAÇÃO

PESQUISA OPERACIONAL APLICADA A COOPERATIVA DE CRÉDITO DE [...] – [...] VALE DO TAQUARI

Aluno 12

Trabalho acadêmico, do Curso de Administração.

Professor: Márcia J. H. Rehfeldt

Lajeado, novembro de 2008.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO

No contexto globalizado onde estamos inseridos, com a concorrência cada vez maior, não existe espaço para organizações sem experiência, incapazes de analisar e tomar as decisões mais adequadas para os problemas que surgem no dia dia.

Um dos grandes diferenciais das organizações é a capacidade de trabalhar, a ponto de atingir seu lucro máximo, não esquecendo dos seus custos fixos e variáveis, os quais devem ser o mínimo possível.

Diversas são as formas de atingir o lucro máximo e à minimização dos custos, o mais indicado é o modelo matemático, o qual será apresentado neste trabalho.

Deste modo, por meio dos conhecimentos adquiridos, procurara-se contribuir com a Cooperativa de Credito de [...] no que se refere à minimização dos custos, sendo o principal foco, a procura de novos fornecedores de material de expediente, que atendam os requisitos da Cooperativa, e forneça o material a um preço inferior.

Atualmente a Cooperativa de Crédito de [...] possui um custo elevado em material de expediente, pelo fato dos diversos processos que executa diariamente não serem automatizados, tornando-se necessário o uso de documentos assinados pelo associado comprovando a sua validade, além dos diversos arquivos que a mesma possui.

Diversas são as empresas que fornecem material de expediente a Cooperativa. Hoje a cooperativa faz orçamentos e opta por comprar no estabelecimento que fizer o menor preço total do orçamento, sendo que o seu custo não é totalmente reduzido com essa analise.

1.1 Problema

O atual estudo tem o propósito de responder a seguinte questão: quais as empresas que atenderão as necessidades, e fornecerão o material de expediente a um menor custo à Cooperativa de Credito de [...]?

1.2 Objetivo

O objetivo deste estudo busca responder as necessidades apresentadas na definição do problema.

1.2.1 Objetivo Geral

Identificar as organizações que atendam as necessidades da Cooperativa de Crédito de [...] no fornecimento de material de expediente a um menor custo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesse capítulo será apresentado o fundamento teórico sobre conceitos gerais de Pesquisa Operacional, Programação Linear e Modelos Matemáticos, tendo assim uma abordagem consistente para a elaboração do trabalho acadêmico.

2.1 Conceito de Pesquisa Operacional

Surgida na segunda Guerra Mundial, a Pesquisa Operacional foi criada por equipes de pesquisadores, contratados para resolver problemas militares. Como o sucesso da aplicabilidade do método foi grande durante a guerra, após o fim dela, os membros que a desenvolveram, passaram a aplicar a Pesquisa Operacional para resolver problemas de administração dentro das organizações, tornando-a indispensável para a tomada de decisões nos mais diferentes níveis hierárquicos (Andrade, 2000).

Segundo Andrade (2000, p.2), Pesquisa Operacional é “um ramo da ciência administrativa que fornece instrumentos para a análise de decisões....”.

Para Prado (1999), pesquisa operacional como ciência estrutura os processos, propõe alternativas de ação fazendo previsões e comparando valores de eficiência e de custos.

2.1.1 Fases de um estudo em pesquisa operacional

Segundo Andrade (2000), o estudo de Pesquisa Operacional envolve uma seqüência de seis fases, a saber:

Baseia-se em três aspectos principais:

Descrição exata dos objetivos do estudo;

Identificação das alternativas de decisão existentes;

Reconhecimento das limitações, restrições e exigências do sistema.

A partir da descrição dos objetivos o modelo é concebido, a equipe encarregada deve captar e refletir, na formulação do problema, os desejos e necessidades dos executivos com relação ao problema de decisão.

É necessário que todas as alternativas de decisão sejam explicitadas, para que no final do processo sejam válidas e aceitáveis.

Vários modelos podem ser utilizados para resolver problemas gerenciais, desde um modelo conceitual até modelos matemáticos complexos.

Os modelos que interessam em Pesquisa Operacional são os de matemática, isto é, modelos formados por um conjunto de equações e inequações.

Tem como objetivo encontrar uma solução para o modelo construído. Na análise dos modelos matemáticos, pelo algarismo mais adequado, em termos de rapidez de processamento e precisão da resposta.

e verificar se o sistema consegue reproduzir o comportamento que o sistema manifestou.

Por alterar a situação existente, a implementação requer maior controle, para garantir a validade da solução adotada. Caso algum destes parâmetros sofra desvio além do permitido, deverão ser feitas correções ou mesmo a reformulação do modelo se necessário.

Em todas as etapas a avaliação é de fundamental importância, pois, garantirá melhores decisões e sua aceitação.

A experiência da equipe envolvida tem papel primordial nesta avaliação, pois um modelo é apenas uma simples representação não conseguindo captar todas as reais características.

2.2 Programação linear

Para Caixeta-Filho (2004, p.10), programação linear “nada mais é que um aprimoramento de uma técnica de resolução de sistema de equações lineares via inversões sucessiva de matrizes, com a vantagem de incorporar uma equação linear adicional representativa de um dado comportamento que deva ser otimizado”.

Com base em Lachtermacher (2004), dentre as áreas de aplicabilidade da Programação Linear podemos citar: administração da produção, análise de investimentos, alocação de recursos limitados, planejamento regional, logística, custo de transporte, localização da rede de distribuição e alocação de recursos em marketing entre diversos meios de comunicação.

Segundo Lachtermacher (2004), a Programação Linear é uma programação matemática em que todas as funções-objetivo e restrições são representadas por funções lineares.

Conforme Prado (1999), Programação Linear é uma técnica de planejamento, originada no final da década de quarenta, encontrando seu aliado na década de cinqüenta, com o surgimento do computador, ocorrendo então um desenvolvimento acelerado.

Para Prado (1999,p.15) “A programação linear é uma ferramenta utilizada para encontrar o lucro máximo ou o custo mínimo em situações nas quais temos diversas alternativas de escolha sujeitas a algum tipo de restrição ou regulamentação.”

Segundo Caixeta-Filho (2004), a formulação de um problema a ser resolvido por programação linear segue alguns passos, conforme segue:

Deve ser definido o objetivo básico do problema;

Para que essa função objetivo seja matematicamente especificada, as variáveis de decisão ou as alternativas deverão ser definidas;

Tais variáveis podem estar sujeitas a diversas limitações ou melhor restrições.

2.2.1 Aplicações da programação linear

De acordo com Prado (1999), a PL tem sido aplicada em diversas áreas como por exemplo: alimentação, rotas de transporte, manufatura, siderurgia, petróleo, agricultura, mineração, localização industrial etc..

2.2.2 Tópicos de programação linear

Segundo Prado (1999, p.25), “na Programação Linear, tanto a função-objetivo como as restrições são equações/inequações lineares de primeiro grau e o resultado para as variáveis do modelo são valores reais ou contínuos. A PL pode ser dividida nos seguintes tópicos.”

Programação continua – Quando o resultado para as variáveis do modelo são valores reais ou contínuos.

Programação Estruturada – O modelo unitários (uma fábrica, ou um produto ou uma unidade de tempo) se replica (multi-fábricas, multi-produtos ou multi-periodos).

Programação Inteira (PI) – As variáveis somente admitem solução inteira.

Programação Inteira Mista (PIM) – Podemos ter tanto variáveis de solução inteira como contínua.

2.2.3 Modelos matemáticos

Conforme Andrade (2000), a metodologia da pesquisa operacional é mais desenvolvida para a solução de problemas representados por modelos matemáticos, dependendo de fatores como:

Natureza matemática das relações entre as variáveis;

Objetivos do responsável pela decisão;

Extensão do controle sobre as variáveis de decisão;

Nível de incerteza associado ao ambiente da decisão.

Conforme Andrade (2004), podemos dividir os modelos matemáticos em dois grupos: modelos de simulação e modelos de otimização.

Modelos de simulação: são modelos que permitem a geração e análise de alternativas, ante, da implementação de qualquer uma delas. Dá ao analista mais liberdade e flexibilidade para escolher a ação mais conveniente.

Modelos de otimização: não permite flexibilidade na escolha de alternativas, pois é estruturado para selecionar uma única, considerada como ótima, segundo critério estabelecido pelo analista.

2.2.4 Aplicabilidade e Benefícios

Para Prado (1999), os benefícios da Programação Linear são aqueles procurados por qualquer organização, tais como: diminuição dos custos e aumento dos lucros. Algumas organizações a usam freqüentemente, muitas vezes em rotinas diárias de planejamento, através de aplicativos de informática.

Prado (1999, p.21), nos cita quatro vantagens, as quais são de maior visibilidade na aplicação da Programação Linear.

Permite identificar as melhores opções em estudos de qualidade total;

Permite a identificação de gargalos em linhas de produção;

Fornece diretrizes para expansão;

Possibilita avaliar o potencial de aplicabilidade de uma pesquisa;

Para Prado (1999, p.26), “os problemas de PL são resolvidos com a ajuda de computador e se chama de interface com o usuário ao conjunto.”

Formato dos dados de entrada

Comandos de interação usuário/computador

Conteúdo e formato dos relatórios emitidos

Prado (1999), afirma que as mais comuns interfaces com o usuário são:

Uso direto de algum *software*: os resultados obedecem ao formato produzido pelo *software*.

Interface amigável: a conversão com o usuário é desenvolvida para ser amigável e o formato dos dados de entrada está bastante transformado para o formato exigido pelo *software*.

Utilização de rotinas de automatização de todo o procedimento: as rotinas de planejamento da empresa possuem algoritmos de PL embutidos.

Segundo o autor supracitado, a primeira apção é mais utilizada até hoje, pois a tendência é óbvia com relação às outras opções, inclusive pela inclusão de interfaces amigáveis em antigos modelos que funcionavam segundo a primeira opção.

2.2.5 Programação Linear utilizando software

Lachtermacher (2004), afirma que o Lindo é um *software* interativo utilizado para resolver problemas reais de mais de 10.000 variáveis, dispõe de características que mostram os passos e quadros intermediários do método Simplex.

Segundo Prado (1999), problemas reais são resolvidos no computador utilizando *softwares* que se baseiam no algoritmo Método Simplex ou Método Simplex Revisado, desenvolvido por George Dantzing em 1947.

Segundo Caixeta-Filho (2004), o método mais utilizado para resolução de problemas por Programação Linear é o *software*, que por trabalhar com sucessivas inversões de matrizes, demanda fortemente a utilização de recursos computacionais.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO

O capítulo a seguir tem como objetivo apresentar a empresa na qual será aplicado o presente trabalho acadêmico.

3.1 Apresentação da organização

O [...] é constituído por cooperativas de crédito singulares, com foco na pessoa física e jurídica, destacando-se em suas operações, o ato cooperativo e a agregação de resultados positivos aos associados.

O Sistema de Crédito Cooperativo – [...] opera com 128 cooperativas de crédito e mais de 1.000 pontos de atendimento em dez estados brasileiros (Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Pará, Rondônia, Goiás e São Paulo).

A organização em sistema, com cinco Cooperativas Centrais, Confederação, Banco Cooperativo e empresas controladas (Administradora de Cartões, Administradora de Consórcios e Corretora de Seguros), além de uma empresa de informática, a Redesys, com atuação de forma integrada, proporciona ganhos de escala, fortalecimento da marca e maior competitividade. Hoje, o [...] possui no Brasil mais de um milhão de associados.

As cooperativas de crédito integrantes do [...] são organizadas em sistema, o que lhes assegura, uma marca corporativa forte e ganhos de escala em todos os níveis, que determinam crescimento sustentado, e a sua perpetuação.

O [...] VALE DO TAQUARI é composto por 13 unidades de atendimento (UA´s) mais a Unidade de Desenvolvimento e Controle (UDC). As UA´s estão distribuídas nas localidades de Marques de Souza, Boqueirão do Leão, Santa Clara do Sul, Mato Leitão, Cruzeiro do Sul, Travesseiro, Progresso, Canudos do Vale e quatro unidades de atendimento na cidade de [...] (Centro, São Cristóvão, Prefeitura, Univates e Florestal), sendo que a UDC está sediada em [...].

3.1.1 Histórico da organização

Em 28 de dezembro de 1902 o Padre Teodor Amstad propõe a idéia do cooperativismo, onde então é constituída a primeira cooperativa de crédito do Brasil, na localidade de Linha Imperial, município de Nova Petrópolis - Rio Grande do Sul. No ano de 1906 em [...] é criada a Caixa de Poupança e Empréstimos: a “Caixinha”.

Em 1992, as cooperativas no Rio Grande do Sul unem-se sob a denominação única de [...] – Sistema de Crédito Cooperativo e a COCECRER/RS passou a denominar-se [...] CENTRAL/RS. A “Caixinha” entra para o Sistema em 1993 e, revitalizada, conta hoje com mais de 28 mil associados. Após 100 Anos Sem Parar, a “Caixinha” continua trabalhando com e para a comunidade.

Em 1995 é constituído o Banco Cooperativo [...] S.A, o qual é considerado o primeiro banco cooperativo privado do Brasil. Mais conhecido como BAN[...], ele atua como instrumento das cooperativas de crédito para acessar o mercado financeiro e programas especiais de financiamento, administrar em escala os recursos do Sistema, desenvolver produtos corporativos e políticas de comunicação e marketing. Neste sentido, sua atuação é voltada ao atendimento das demandas do quadro social das cooperativas de crédito do [...] e também daquelas com as quais mantém convênios específicos de prestação de serviços.

3.1.2 Visão da organização

“Ser reconhecido pela sociedade como instituição financeira cooperativa, com excelência operacional e de gestão, voltada para o desenvolvimento econômico e social”.

3.1.3 Missão da organização

“Como sistema de crédito cooperativo, valorizar o relacionamento, oferecer soluções financeiras para agregar renda e contribuir para a melhoria da qualidade de vida dos associados e da comunidade”.

3.1.4 Valores da organização

1. Preservação irrestrita da natureza cooperativa do negócio .
2. Respeito à individualidade do associado.
3. Valorização e desenvolvimento das pessoas.
4. Preservação da instituição como sistema.
5. Respeito às normas oficiais e internas.
6. Eficácia e transparência na gestão.

4 OBJETIVO DO ESTUDO E VARIÁVEIS DO MODELO MATEMÁTICO

Este capítulo apresenta o objetivo do modelo matemático, bem como a definição das variáveis e restrições.

4.1 Objetivo

O objetivo deste modelo matemático é minimizar o custo na aquisição de material de expediente da Cooperativa de Crédito de [...], através de uma análise de preços em três empresas que atendem as necessidades da Cooperativa. Assim, com a utilização do programa LINDO este modelo vai gerar os nomes das empresas que oferecerem os materiais a um menor custo.

4.2 Variáveis

Aqui, descrevem-se as três empresas com seus referidos custos com relação ao material, bem como a respectiva denominação das variáveis para modelo matemático (colocada entre parênteses).

Material	Loja	Loja	Loja	necessidade
	A	B	C	mês
1	R$ 52,00	R$ 58,00	R$ 41,80	2
2	R$ 96,00	R$ 104,00	R$ 96,00	40
3	R$ 75,00	R$ 76,00	R$ 65,00	50
4	R$ 17,00	R$ 20,00	R$ 13,00	20
5	R$ 23,25	R$ 29,00	R$ 24,50	5
6	R$ 53,00	R$ 55,00	R$ 55,00	100
7	R$ 8,40	R$ 11,20	R$ 7,50	1
8	R$ 26,40	R$ 30,80	R$ 26,40	22
9	R$ 22,50	R$ 20,40	R$ 17,70	30
10	R$ 5,00	R$ 4,50	R$ 4,40	2
11	R$ 3,60	R$ 12,80	R$ 4,00	4
12	R$ 52,00	R$ 59,90	R$ 39,30	1
13	R$ 10,00	R$ 3,00	R$ 11,80	1
14	R$ 3,20	R$ 4,40	R$ 3,60	8
15	R$ 140,00	R$ 79,00	R$ 94,00	1
16	R$ 180,00	R$ 207,00	R$ 187,50	150
17	R$ 1,75	R$ 2,10	R$ 1,70	1
18	R$ 1,75	R$ 2,10	R$ 1,70	1
	R$770,85	R$779,20	R$694,90	

Lista de Siglas:

Atilho elástico mercur (1)

Caixa de arquivo morto grande (2)

Caixa de arquivo morto pequena (3)

Bobina para calculadora (4)

Bobina para fax (5)

Caneta preta bic (6)

Clipes (7)

Destaca texto verde (8)

Disquete (9)

Fita adesiva grande (10)

Extrator de grampo (11)

Grampeador (12)

Grampo 23/13 (13)

Lápis (14)

Papel A4 reciclável (15)

Pasta suspensa marmorizada (16)

Pincel atômico azul (17)

Pincel atômico Preto (18)

Sérgio Guilherme Arent (A)

Gráfica Cometa (B)

Mimos papelaria (C)

A quantidade de material de expediente apresentado no quadro acima, expressa o total mensal adquirido pela Cooperativa de Crédito, os quais são distribuídos conforme a necessidade, entre as 13 unidades de atendimento.

Função Objetivo:

min 52a1+58b1+41.80c1+96a2+104b2+96c2+75a3+76b3+65c3+17a4+20b4+13c4+23.25a5+29b5+24.50c5+53a6+55b6+55c6+8.40a7+11.20b7+7.50c7+26.4a8+30.80b8+26.40c8+22.50a9+20.40b9+17.70c9+5.00a10+4.50b10+4.40c10+3.60a11+12.80b11+4.00c11+52a12+59.90b12+39.30c12+10a13+3b13+11.80c13+3.20a14+4.40b14+3.6

0c14+140a15+79b15+94c15+180a16+207b16+187.50c16+1.75a17+2.10b17+1.70c17+1.75a18+2.10b18+1.70c18

Restrição

st

a1+a2a+a3+a4+a5+a6+a7+a8+a9+a10+a11+a12+a13+a14+a15+a16+a17+a18<=18

b1+b2+b3+b4+b5+b6+b7+b8+b9+b10+b11+b12+b13+b14+b15+b16+b17+b18<=18

c1+c2+c3+c4+c5+c6+c7+c8+c9+c10+c11+c12+c13+c14+c15+c16+c17+c18<=18

a1+b1+c1=1

a2+b2+c2=1

a3+b3+c3=1

a4+b4+c4=1

a5+b5+c5=1

a6+b6+c6=1

a7+b7+c7=1

a8+b8+c8=1

a9+b9+c9=1

a10+b10+c10=1

a11+b11+c11=1

a12+b12+c12=1

a13+b13+c13=1

a14+b14+c14=1

a15+b15+c15=1

a16+b16+c16=1

a17+b17+c17=1

a18+b18+c18=1

end

int 54

6.1.1.1.1.1 Resultado apresentado pelo *Software* Lindo

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 659.5500

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
A1	0.000000	10.200000
B1	0.000000	16.200001
C1	1.000000	0.000000
A2	0.000000	0.000000
B2	0.000000	8.000000
C2	1.000000	0.000000
A3	0.000000	10.000000
B3	0.000000	11.000000
C3	1.000000	0.000000
A4	0.000000	4.000000
B4	0.000000	7.000000
C4	1.000000	0.000000
A5	1.000000	0.000000
B5	0.000000	5.750000
C5	0.000000	1.250000
A6	1.000000	0.000000
B6	0.000000	2.000000
C6	0.000000	2.000000
A7	0.000000	0.900000
B7	0.000000	3.700000
C7	1.000000	0.000000
A8	0.000000	0.000000
B8	0.000000	4.399999

C8	1.000000	0.000000
A9	0.000000	4.800000
B9	0.000000	2.700000
C9	1.000000	0.000000
A10	0.000000	0.600000
B10	0.000000	0.100000
C10	1.000000	0.000000
A11	1.000000	0.000000
B11	0.000000	9.200000
C11	0.000000	0.400000
A12	0.000000	12.700000
B12	0.000000	20.600002
C12	1.000000	0.000000
A13	0.000000	7.000000
B13	1.000000	0.000000
C13	0.000000	8.800000
A14	1.000000	0.000000
B14	0.000000	1.200000
C14	0.000000	0.400000
A15	0.000000	61.000000
B15	1.000000	0.000000
C15	0.000000	15.000000
A16	1.000000	0.000000
B16	0.000000	27.000000
C16	0.000000	7.500000
A17	0.000000	0.050000
B17	0.000000	0.400000
C17	1.000000	0.000000
A18	0.000000	0.050000
B18	0.000000	0.400000
C18	1.000000	0.000000
A2A	0.000000	0.000000

O custo mínimo mensal na aquisição dos brindes é de R$ 659,55, sendo que as empresas que apresentaram este menor custo foram:

Material	Loja	Loja	Loja
	A	B	C
1			R$ 41,80
2			R$ 96,00
3			R$ 65,00
4			R$ 13,00
5	R$ 23,25		
6	R$ 53,00		
7			R$ 7,50
8			R$ 26,40
9			R$ 17,70
10			R$ 4,40
11	R$ 3,60		
12			R$ 39,30
13		R$ 3,00	
14	R$ 3,20		
15		R$ 79,00	
16	R$ 180,00		
17			R$ 1,70
18			R$ 1,70

A – Sérgio Guilherme Schneider – De acordo com o software, a empresa apresentaria os menores custos para seguintes itens: Bobina para fax, com um custo mínimo de R$ 23,25; caneta preta bic, com o custo de R$ 53,00; extrator de grampo, custando R$ 3,60, lápis preto R$3,20 e pasta suspensa marmorizada com o custo de R$180,00.

B – Gráfica Cometa – está seria fornecedora dos grampos 23/13 por R$3,00 e do papel A4 reciclável a custo de R$79,00

C – Mimos papelaria – esta ficou com a maior parte do pedido, atilho elástico mercur R$41,80, caixa de arquivo morto grande R$96,00, caixa de arquivo morto pequena R$65,00, bobina para calculadora por R$13,00, clipes por R$7,50, destaca texto verde R$26,40, disquete R$17,70, fita adesiva grande R$4,40, grampeador por R$39,30, Pincel atômico azul e preto por R$1,70 cada.

5 ESTRATÉGIAS PROPOSTAS

O menor custo alcançado pelo [...] Vale do Taquari, relacionado ao material de expediente pesquisado foi de R$ 659,55.

A compra de material é uma necessidade da, cooperativa continuar, aberta e trabalhando da maneira mais eficaz possível, com tudo, precisa-se controlar os custos para que não afetem os resultados.

A Cooperativa apresentará o menor custo se ela comprar os itens de menor custo de cada loja, não se atendo ao total do orçamento.

A interpretação feita, com relação ao modelo apresentado, foi que os resultados apresentados pelo programa LINDO, fizeram com que o custo decrescesse 4,65%. Este resultado será apresentado ao responsável pelas compras, para que ele o aproveite e faça uso do mesmo.

6 CONCLUSÃO

Ao final deste trabalho proposto pela disciplina de Pesquisa Operacional e após aplicá-la na empresa, percebo que o resultado encontrado com este, será muito válido e provavelmente usado para futuras analises.

Sabemos que a Cooperativa de Crédito de [...] – [...] Vale do Taquari oferece grande atenção na compra dos materiais, mas que os mesmo representam significativo percentual em suas despesas mensais.

Acredito que, de posse do resultado encontrado com esta pesquisa, posso apresentar a diretoria da cooperativa, bem como aos responsáveis pelo setor, sugestões de melhorias e redução significativa de custos.

Ao encerrar a análise dos resultados encontrados, pude verificar que, nem sempre o total orçado significa o menor custo, como estava sendo analisado, e que, muitas vezes as compras devem ser realizadas, analisando o custo de cada item. O que, pode ocorrer é a necessidade de efetuar compras em diversos locais. Acredito que vale apena.

Desta forma, acredito que a pesquisa possa vir a contribuir para a Cooperativa na medida em que disponibiliza opções de empresas fornecedoras a custos inferiores.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Eduardo Leopoldino de. Introdução a pesquisa operacional. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

CAIXETA-FILHO, José Vicente. Pesquisa Operacional: Técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais. 2° ed. São Paulo: Atlas, 2004.

LACHTERMACHER, Gerson. Pesquisa Operacional na tomada de decisões: modelagem em Excel. 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

PRADO, Darci Santos do. Programação Linear. Belo Horizonte, Minas Gerais: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1999.

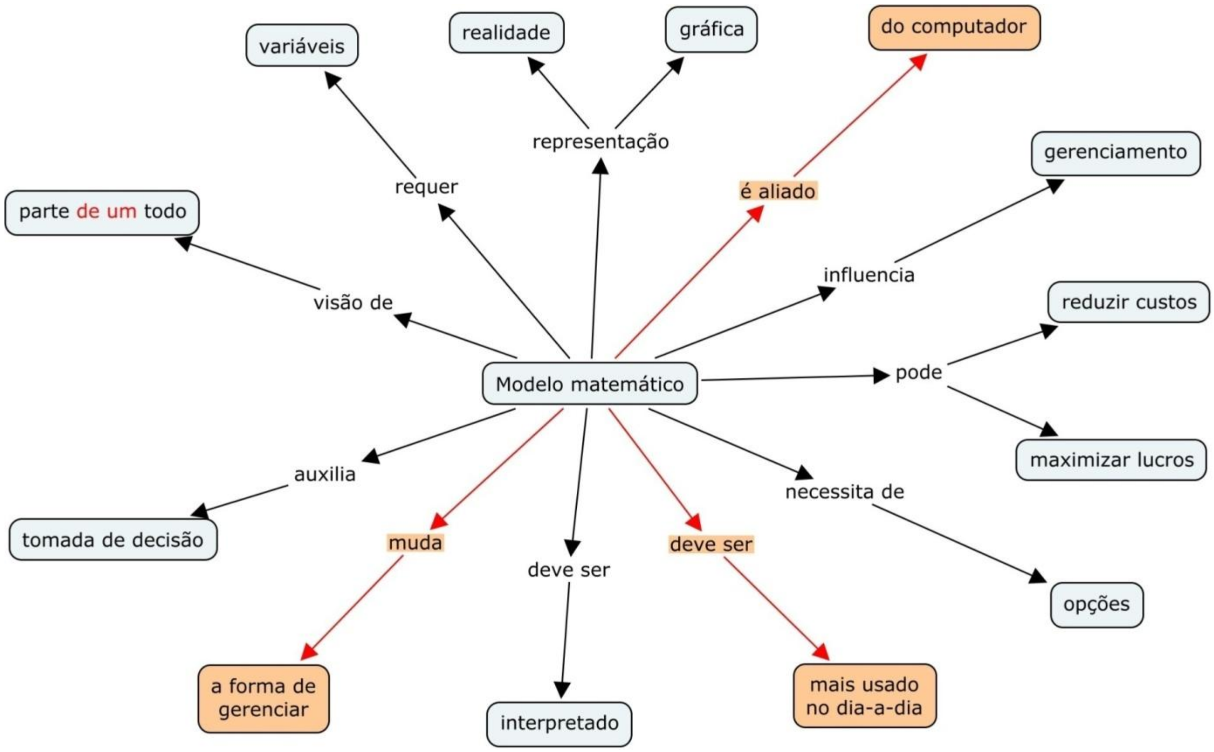
Quadro 10 – Número de variáveis iniciais e finais e número de restrições finais e iniciais dos modelos matemáticos

Aluno	**Nº de variáveis do modelo matemático inicial**	**Nº de variáveis do modelo matemático final**	**Nº de restrições do modelo matemático inicial**	**Nº de restrições do modelo matemático final**	**O aluno alterou a situação-problema inicial?**
Aluno 1	2	4	1	5	Não
Aluno 2	2	2	3	4	Sim
Aluno 3	3	20	5	22	Não
Aluno 4	2	22	3	6	Sim
Aluno 5	3	5	6	10	Não
Aluno 6	9	18	3	24	Não
Aluno 7	2	12	2	7	Sim
Aluno 8	3	5	4	7	Sim
Aluno 9	2	3	3	4	Não
Aluno 10	3	3	2	4	Não
Aluno 11	Não fez o trabalho	32	Não fez o trabalho	6	-
Aluno 12	3	54	4	21	Sim
Aluno 13	Não fez o trabalho	2	Não fez o trabalho	1	-
Aluno 14	3	3	6	6	Não
Aluno 15	4	4	7	11	Não
Aluno 16	5	16	5	8	Sim
Aluno 17	Não conseguiu modelar	10	Não conseguiu modelar	14	-
Aluno 18	3	3	3	3	Não
Aluno 19	2	2	3	3	Não
Aluno 20	2	3	2	6	Não
Aluno 21	Não fez o trabalho	18	Não fez o trabalho	32	-
Aluno 22	2	9	2	21	Não
Aluno 23	2	2	2	2	Não
Aluno 24	Não conseguiu modelar	10	Não conseguiu modelar	3	-
Aluno 25	2	28	1	11	Sim
Aluno 26	2	2	3	3	Não
Aluno 27	2	2	5	6	Sim
Aluno 28	6	24	5	10	Não
Aluno 29	3	3	7	7	Não
Aluno 30	3	3	3	2	Sim
Aluno 31	6	5	8	8	Não
Aluno 32	2	2	2	2	Não
Aluno 33	2	2	3	3	Não
Aluno 34	3	8	7	14	Não
Aluno 35	2	2	5	3	Não
Aluno 36	2	2	3	2	Sim
Aluno 37	2	8	4	10	Sim
Aluno 38	2	2	1	3	Não
Aluno 39	2	3	2	4	Não
Aluno 40	2	3	3	2	Não
Aluno 41	Não fez o trabalho	6	Não fez o trabalho	9	-
Aluno 42	2	4	5	4	Sim
Aluno 43	2	3	1	6	Sim
Aluno 44	25	25	10	10	Não
Aluno 45	3	3	2	2	Não
Aluno 46	2	5	3	11	Não
Aluno 47	2	24	5	10	Não
Aluno 48	2	45	3	15	Sim
Aluno 49	4	4	6	6	Não
Aluno 50	2	8	7	16	Não

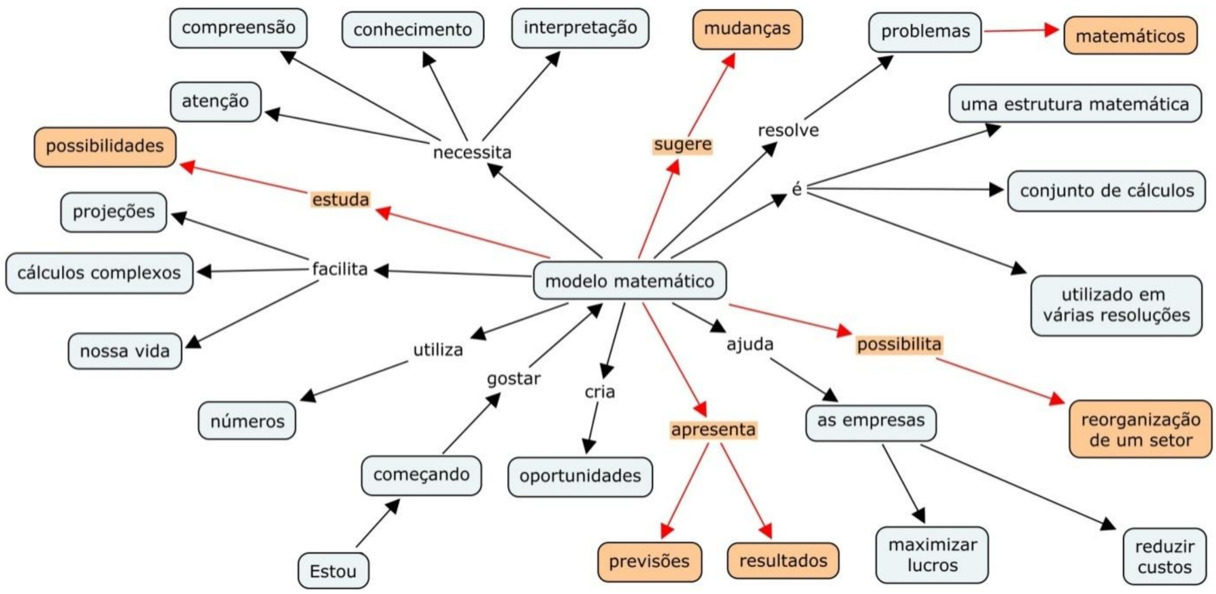
Aluno	**N^o de variáveis do modelo matemático inicial**	**N^o de variáveis do modelo matemático final**	**N^o de restrições do modelo matemático inicial**	**N^o de restrições do modelo matemático final**	**O aluno alterou a situação-problema inicial?**
Aluno 51	2	2	3	5	Não
Aluno 52	2	3	2	2	Não
Aluno 53	2	3	3	4	Não
Aluno 54	2	3	6	11	Não
Aluno 55	2	2	2	4	Não
Aluno 56	2	6	4	16	Não
Aluno 57	3	3	2	5	Não
Aluno 58	2	6	4	12	Não

Fonte: Elaborada pela autora

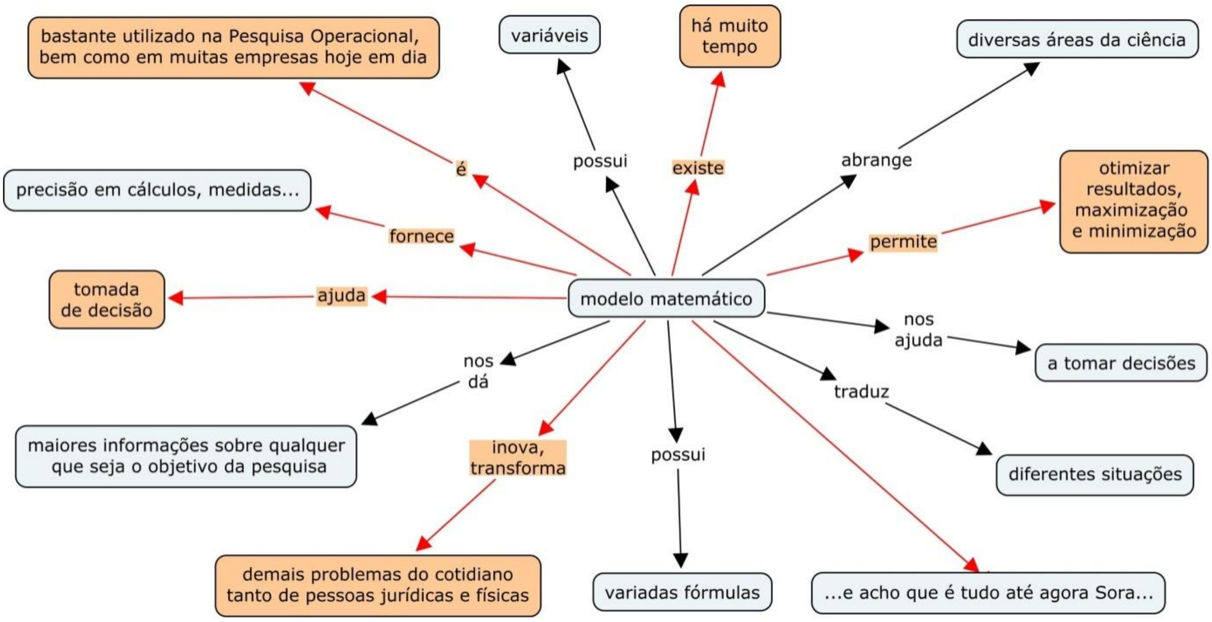
ANEXO IX – MAPAS CONCEITUAIS FINAIS E QUADRO 11



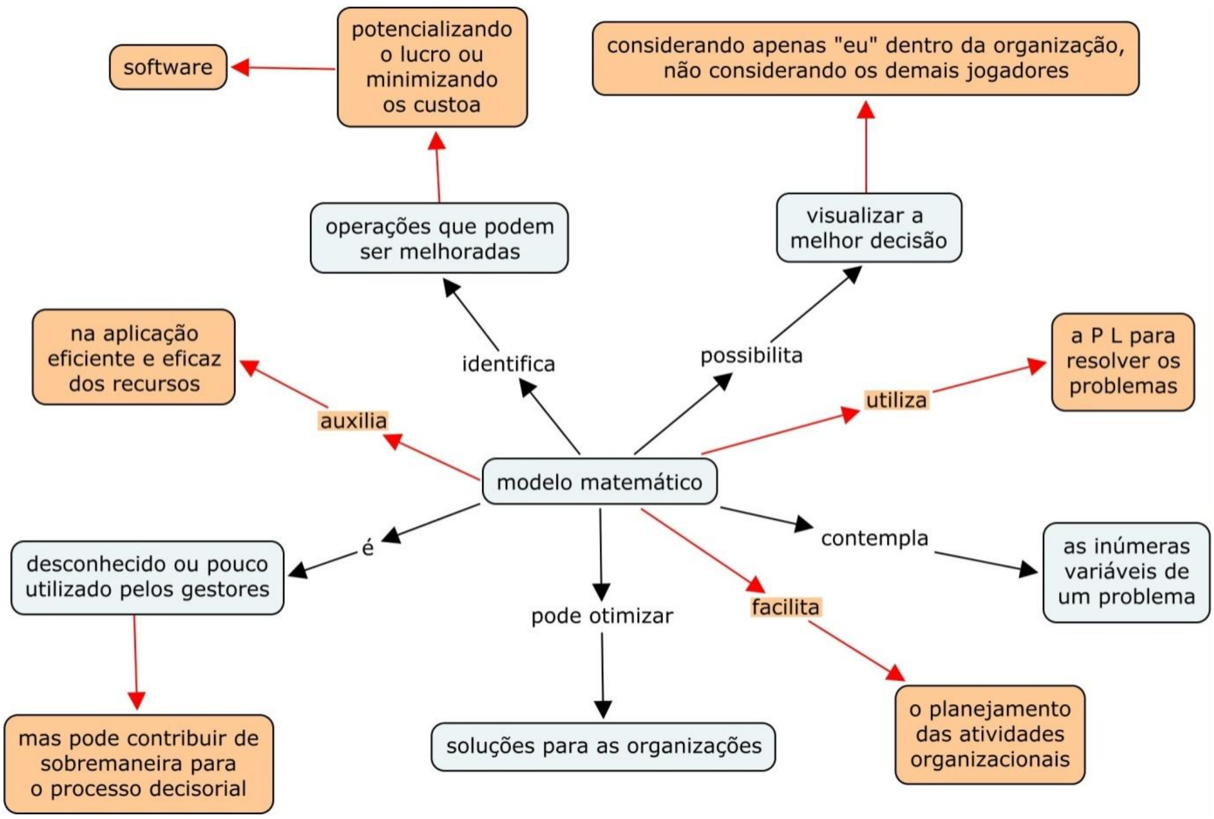
Fonte: Aluno 14



Fonte: Aluno 21



Fonte: Aluno 22



Fonte: Aluno 26

Quadro 11 – Percentuais de aumento nos conceitos, no número de variáveis e restrições

Aluno	Número de conceitos do mapa inicial	Número de conceitos do mapa final	% de aumento nos conceitos (X)	Nº de variáveis do modelo inicial	Nº de variáveis do modelo final	% de aumento nas variáveis (Y)	Nº de restrições do modelo inicial	Nº de restrições do modelo final	% de aumento nas restrições (Z)
Aluno 1	12	23	91,67%	2	4	100,00%	1	5	400,00%
Aluno 2	19	20	5,26%	2	2	0,00%	3	4	33,33%
Aluno 3	13	13	0,00%	3	20	566,67%	5	22	340,00%
Aluno 4	13	19	46,15%	2	22	1000,00%	3	6	100,00%
Aluno 5	13	18	38,46%	3	5	66,67%	6	10	66,67%
Aluno 6	9	14	55,56%	9	18	100,00%	3	24	700,00%
Aluno 7	9	9	0,00%	2	12	500,00%	2	7	250,00%
Aluno 8	8	8	0,00%	3	5	66,67%	4	7	75,00%
Aluno 9	15	28	86,67%	2	3	50,00%	3	4	33,33%
Aluno 10	9	10	11,11%	3	3	0,00%	2	4	100,00%
Aluno 12	8	15	87,50%	3	54	1700,00%	4	21	425,00%
Aluno 14	10	13	30,00%	3	3	0,00%	6	6	0,00%
Aluno 15	17	24	41,18%	4	4	0,00%	7	11	57,14%
Aluno 17	12	14	16,67%	5	16	220,00%	5	8	60,00%
Aluno 18	7	16	128,57%	3	3	0,00%	3	3	0,00%
Aluno 19	11	16	45,45%	2	2	0,00%	3	3	0,00%
Aluno 20	11	13	18,18%	2	3	50,00%	2	6	200,00%
Aluno 22	8	13	62,50%	2	9	350,00%	2	21	950,00%
Aluno 23	12	16	33,33%	2	2	0,00%	2	2	0,00%
Aluno 25	18	19	5,56%	2	28	1300,00%	1	11	1000,00%
Aluno 26	5	12	140,00%	2	2	0,00%	3	3	0,00%
Aluno 27	8	9	12,50%	2	2	0,00%	5	6	20,00%
Aluno 28	8	14	75,00%	6	24	300,00%	5	10	100,00%
Aluno 29	27	27	0,00%	3	3	0,00%	7	7	0,00%
Aluno 30	14	28	100,00%	3	3	0,00%	3	2	-33,33%
Aluno 31	9	13	44,44%	6	5	-16,67%	8	8	0,00%
Aluno 32	9	15	66,67%	2	2	0,00%	2	2	0,00%
Aluno 33	6	10	66,67%	2	2	0,00%	3	3	0,00%
Aluno 34	18	30	66,67%	3	8	166,67%	7	14	100,00%
Aluno 35	10	16	60,00%	2	2	0,00%	5	3	-40,00%
Aluno 36	5	13	160,00%	2	2	0,00%	3	2	-33,33%
Aluno 37	14	18	28,57%	2	8	300,00%	4	10	150,00%
Aluno 38	13	17	30,77%	2	2	0,00%	1	3	200,00%
Aluno 39	18	22	22,22%	2	3	50,00%	2	4	100,00%
Aluno 40	6	7	16,67%	2	3	50,00%	3	2	-33,33%
Aluno 41	6	10	66,67%	2	4	100,00%	5	4	-20,00%
Aluno 43	9	13	44,44%	2	3	50,00%	1	6	500,00%
Aluno 44	9	10	11,11%	25	25	0,00%	10	10	0,00%
Aluno 45	6	10	66,67%	3	3	0,00%	2	2	0,00%
Aluno 46	23	30	30,43%	2	5	150,00%	3	11	266,67%
Aluno 47	9	10	11,11%	2	24	1100,00%	5	10	100,00%
Aluno 48	10	19	90,00%	2	45	2150,00%	3	15	400,00%
Aluno 49	6	14	133,33%	4	4	0,00%	6	6	0,00%
Aluno 50	15	20	33,33%	2	8	300,00%	7	16	128,57%
Aluno 51	11	14	27,27%	2	2	0,00%	3	5	66,67%
Aluno 52	7	11	57,14%	2	3	50,00%	2	2	0,00%
Aluno 53	8	13	62,50%	2	3	50,00%	3	4	33,33%
Aluno 54	8	16	100,00%	2	3	50,00%	6	11	83,33%
Aluno 55	4	9	125,00%	2	2	0,00%	2	4	100,00%
Aluno 56	11	19	72,73%	2	6	200,00%	4	16	300,00%
Aluno 57	13	13	0,00%	3	3	0,00%	2	5	150,00%
Aluno 58	13	16	23,08%	2	6	200,00%	4	12	200,00%

Fonte: Elaborado pela autora

ANEXO X – QUESTIONÁRIO RESPONDIDO AO FINAL DO SEMESTRE DE B/2008

1) Que relação (profissional/pessoal) você tem com a organização/empresa/instituição na qual realizou o estudo do modelo matemático? Justifique sua escolha:
Aluno 1
A empresa cujo meu estudo foi realizado é cliente da empresa em que eu trabalho atualmente. O problema já estava praticamente escolhido e dentre as empresas que eu pensei em fazer o estudo, essa foi a que mais se encaixou por ela realmente apresentar esse problema.
Aluno 3
Eu trabalhei 2 anos e meio na empresa no departamento técnico e a escolhi pois tenho total conhecimento do produto e do serviço prestado.
Aluno 4
Sou funcionária da empresa há 2 anos e 5 meses, achei que tinha tudo a ver com o trabalho a ser feito, pois tenho acesso aos dados.
Aluno 5
A relação que possuo na empresa na qual realizei o trabalho é profissional, atuo como auxiliar administrativa. Escolhi fazer na empresa, pois é o local onde permaneço por mais tempo e, no qual, pode ser feito melhorias em seus processos.
Aluno 6
Sou funcionário da empresa utilizada como foco de estudo. Utilizei para o desenvolvimento do modelo matemático uma situação prática na minha área de atividade, na intenção de atender a solicitação do exercício proposto e me beneficiar do resultado do modelo.
Aluno 7
A empresa é de um amigo do meu pai, a escolhi também porque já trabalhei lá, é uma empresa nova, mas promissora. Empresa familiar e que precisa da ajuda de um bom administrador, pois o "dono" não entende muito de questões administrativas, principalmente na área de pesquisa operacional que estamos estudando, por isso resolvi dar uma ajudinha na área de redução de custos e maximização de lucros.
Aluno 8
Sou funcionário da empresa onde o trabalho foi realizado. Fiz na própria
empresa porque realmente quis encontrar alguma aplicação interessante para
a minha empresa.
Aluno 11
Sou funcionária da empresa, escolhi pelo fácil acesso das informações e por querer que a empresa melhore seus processos diminuindo seus custos conseqüentemente aumentando seus lucros.
Aluno 12
O trabalho foi realizado na propriedade rural do meu pai, [..]. É de costume realizar as atividades sem contabilizar custos, despesas, nem o retorno econômico do negócio. Sabendo da importância do gerenciamento e da necessidade de dados confiáveis para a tomada de decisões, resolvi trabalhar a produção leiteira que é a principal fonte de renda da propriedade.
Aluno 14
A empresa na qual desenvolvi o estudo do modelo matemático é na qual sou sócio e escolhi a mesma por se tratar de uma empresa nova onde a análise feita será muito útil para guiar as ações pretendidas, além disso é um ponta pé inicial para empregar essa ferramenta em análises futuras dentro da organização.
Aluno 15
A proprietária da empresa é minha mãe. Escolhi esta empresa a fim de possibilitar algumas opções de tomada de decisão para um melhor gerenciamento.
Aluno 19
A organização é administrada pelo sócio administrador Sr. [...], ainda é composta pelos seguintes sócios: Sr. Aluno 20, e o Sr. [...].
Aluno 20
A minha relação é direta, sou funcionário da empresa, e juntamente com os gestores estamos realizando um trabalho para o aumento do faturamento, considerando variáveis existentes e políticas de desempenho.
Aluno 21
A empresa (clínica) é do meu pai, assim sendo, ficou mais fácil a aplicação do modelo matemático.
Aluno 22
Trabalho na empresa
Aluno 23

Sou colaborador e trabalho na área. E fiz nessa área, pois irá facilitar o meu trabalho em alguns momentos.
Aluno 24
Trabalho no Hospital [...], empresa na qual realizei o questionário, interesse pelo assunto pois também faz parte deste estudo.
Aluno 25
A organização em que trabalho, atua no segmento do agronegócio. Como supervisor de vendas, sabemos, que esse setor é bastante pragmático, e isso muitas vezes, abre precedentes para ações precipitadas, nem sempre levando ao melhor resultado financeiro. O estudo do modelo do trabalho justifica-se nesse sentido, uma vez que é frequente a dúvida, sobre que cereal cultivar no verão e em que área da propriedade, a fim de obter o melhor resultado.
Aluno 26
Faço parte do quadro funcional da organização em que realizei o modelo matemático.
Aluno 28
Trabalho na empresa em questão. Escolhi a empresa por fácil acesso a dados.
Aluno 29
Escolhi a empresa que pertence a minha mãe. Empresa familiar. Ajudo semanalmente nos horários de minha disponibilidade.
Aluno 30
Trabalho na empresa há três anos, mas na minha área comercial/fiscalização não temos nada para poder fazer um estudo utilizando o modelo matemático, com isso, utilizei dados do setor administrativo.
Aluno 31
A relação que tenho é profissional, pois sou funcionária da Cooperativa [...]. Escolhi fazer o problema sobre o meu trabalho, com relação aos escaners que utilizo no cotidiano.
Aluno 32
Sou filha de uma das sócias. Escolhi fazer o trabalho sobre a floricultura, pois conheço bem a sistemática da empresa, tanto na parte administrativa quanto de produção.
Aluno 33
Trabalho na Instituição em que realizei o modelo matemático, porém não no Setor. Tal escolha deve-se, primeiramente, à sugestão da profª Márcia de buscarmos aplicar a Pesquisa Operacional na organização em que trabalhamos (reunir teoria à nossa vivência diária, ou o mais próximo possível disto) e, também, que no meu Setor não haveria dados, então, busquei, outro, que presta serviço.
Aluno 34
Trabalho na [...] e somos terceirizados da [...] no setor de exportação, ou seja, a [...] é o departamento de exportação deles.
Aluno 35
É uma propriedade familiar, parte dela não está sendo utilizada. Por esse motivo escolhi analisar qual a melhor forma de utilização da área.
Aluno 36
Minha relação é profissional, trabalho nesta empresa desde maio de 2008, no setor financeiro. Por ser a empresa em que trabalho ficou mais fácil ter acesso as informações necessárias para elaboração deste trabalho.
Aluno 37
Realizei a pesquisa em uma empresa de jeans na qual não trabalho, mas vendo as peças produzidas por essa empresa na loja onde trabalho.
Aluno 38
Atuo na assistência técnica com produtores rurais. O modelo matemático serve para eu tomar uma decisão e recomendar ao produtor.
Aluno 42
Primeiramente havia feito meu trabalho em uma empresa familiar, mas não ficou muito do meu agrado, comentei isso com uma super amiga minha e ela me ofereceu a empresa onde ela trabalha, e como conheço muito bem os donos da empresa logo aceitei, e eles me deram o maior apoio e só tenho a agradecer por isso. (Os donos são amigos da minha família).
Aluno 43
Eu trabalho na área da logística setor faturamento, e tenho muito contado com transportadora, armazém. Na empresa [...].
Aluno 44
Na época que comecei o trabalho era funcionária da empresa, trabalhei na mesma mais de três anos.
Aluno 45

Sou funcionária da empresa a qual realizei o estudo do modelo matemático, e por estar diretamente ligada ao dia a dia da empresa tornou-se mais fácil.
Aluno 46
Sou proprietária da empresa onde realizei o estudo do modelo matemático, para mim é muito importante fazer tudo que posso dentro da minha empresa, pois temos ela aberta há 1 mês.
Aluno 47
A relação que tenho com a empresa é de amizade com o proprietário da mesma, pois nos conhecemos desde crianças. A escolha se deu devido a constantes reclamações do proprietário dos custos altos da empresa, e que não estava conseguindo um jeito de reduzi-los. Assim uni o útil ao agradável, apliquei o lindo para ver se dava uma luz nesse sentido.
Aluno 48
Trabalho na empresa e possuo um cargo administrativo, onde estou preocupado com a realizações dos lucros ao menor custo possível.
Aluno 49
Sou funcionária da empresa. Atuo na área de controladoria e julguei conveniente encontrar um modelo que maximizasse o lucro da Indústria na qual foi realizado o estudo
Aluno 50
Trabalho na transportadora há bastante tempo e procurei relacionar o problemas dados em aula com os da empresa.
Aluno 51
Loja [...] é a empresa na qual trabalho.
Aluno 53
O negócio é de minha família (pais e namorado), a escolha foi para auxiliar na gestão da empresa, visto que sempre procuro auxiliar e implementar melhorias na empresa, a minha mãe é uma pessoa sempre aberta a sugestões e foi a primeira a auxiliar no levantamento de dados para o trabalho realizado.
Aluno 54
Eu trabalho na Instituição no qual desenvolvi o meu trabalho, pois dessa forma fica mais fácil de ter acesso as informações.
Aluno 56
Profissional, pelo fato de trabalhar numa agência bancaria e estar em frequente contato com os trabalhadores rurais e sabendo das dificuldades encontradas no dia a dia, resolvi fazer o meu trabalho em cima de uma propriedade agrícola.
Aluno 57
A proprietária da empresa é minha irmã e trabalhei 4 anos nela.
Aluno 58

2) Qual foi sua situação-problema inicial? Qual foi sua situação-problema final? Compare-as e descreva-as detalhadamente.
Desde o princípio mantive o mesmo problema para ser resolvido, no caso, tempo insuficiente para a realização do trabalho proposto. Inicialmente não havia colocado percentual de lucratividade que coloquei depois e nem mesmo havia "aberto" em tantos tipos diferentes de gravações que devem ser executadas e que depois observei ser necessário pelas particularidades de cada tipo. No início eu também não havia separado o processo de gravação em tantas partes, que depois também foram separadas pela particularidade de tempo necessário. Essas alterações foram necessárias para obter um resultado mais fiel à realidade.
Aluno 1
A situação-problema inicial era somente verificar qual a quantidade de pares por modelo caberia em um container a fim de maximizar o seu espaço. A situação-problema final foi verificar, além do mencionado na situação-problema inicial, qual a quantidade de pares por modelo a ser enviada afim de maximizar o lucro, conseqüentemente maximizando o seu espaço também. No final, achei interessante fazer um comparativo entre a maximização de espaço somente e lucro.
Aluno 3
A situação problema inicial foi um projeto de construção civil e a situação final foi encontrar a maior economia de matéria prima possível
Aluno 4
No primeiro momento fiz meu problema utilizando três marcas de cerveja, onde tinha a intenção de maximizar os lucros, na situação seguinte acrescentei mais duas marcas (menos tradicionais que as outras) e montei um novo modelo matemático. Foi interessante este trabalho pois tive a oportunidade

de montar um modelo matemático utilizando as metas do dia e o real vendido, e em cima destes resultados trabalhar melhor com marcas que poderia ser vendido acima da meta estipulada.

Aluno 5

A situação-problema inicial foi encontrar algo que pudesse ser descrito num modelo matemático, então decidi escolher alguns produtos, nos quais, possuem mais saídas, e escolher três fornecedores diferentes, para analisar o custo mínimo. Então, ao final, foi feita a análise dos resultados, para ver qual seria a melhor forma de adquirir os produtos, a um custo mínimo.

Aluno 6

Nossa situação-problema inicial dizia respeito a tomada de decisão para a impressão de um certo volume de documentos. A ideia era apresentar, entre dois modelos de impressoras, aquela que poderia executar as impressões em menor tempo e com o menor custo. Acontecia que ambas se utilizavam do mesmo tipo de cartucho, mas uma impressora tinha um aproveitamento melhor (fazia mais cópias) do que a outra. Depois de muito pensar não percebi que o modelo matemático trouxesse resultado prático.

A situação-problema final foi encontrada quando paramos para pensar em que realmente nos incomodava em nossa área de trabalho. Então, decidimos por resolver qual seria o menor prazo otimizado para a entrega de implementações em software, mais precisamente, no desenvolvimento de programas específicos. Podemos cruzar as informações da performance individual de cada programador versus os tipos de desenvolvimentos solicitados.

Aluno 7

O problema inicial foi muito difícil por ser uma empresa familiar onde o “dono” não tinha muitos conhecimentos administrativos e com muitos problemas de caixa e produtos. Ele não tinha conhecimento de seu fluxo de caixa, quanto vendia por mês, tinha apenas algumas noções, mas como comecei a trabalhar na revendedora e estou na faculdade pude dar um auxilio, não foram grandes coisas, mas ajudou muito. O problema inicial era descobrir qual seu lucro mensal. O problema final foi diminuir custos com reformas dos equipamentos. A comparação entre os dois é que com o valor do lucro mensal, tenho uma base de quanto eu posso investir e gastar em novas aquisições e reformas.

Aluno 8

Tanto o problema inicial quanto o final foram os mesmo. Hoje não existe um critério para o abastecimento dos terminais de auto-atendimento. Procurei desenvolver um modelo que baseado em informações históricas auxilie a definir quais devem ser as quantidades de cédulas que abastecerão os Cashs.

Aluno 11

A situação problema-inicial foi identificar quantas cestas precisam ser feitas de cada tipo para maximizar os lucros, enquanto que na situação-problema final optei por minimizar os custos dos materiais de expediente.

Aluno 12

A situação problema inicial foi a divisão da área útil em pastagem perene, pastagem anual e silagem de milho. Meu pai sempre dizia que a silagem de milho era um alimento muito caro, interferindo de forma direta no custo de produção do leite. Quando o custo de produção foi comparado com a produtividade de leite por hectare ficou evidente que a silagem era a melhor opção, contrariando as expectativas. O produtor deve levar em conta a necessidade mínima de pastagem perene e anual para adequar a alimentação dos animais. Sabia-se que a produção diária de leite deveria ser de no mínimo 310 litros, para manter a viabilidade econômica do negócio. A combinação de um hectare de pastagem perene, 1,8 hectares de pastagem anual e 2,2 hectares de silagem de milho, geraram uma produção diária de 337,2 litros de leite, estando 27,2 litros acima da exigência mínima. Dos R$ 7.000,00 disponíveis para investimentos, sobraram R$ 1.224,00, que devem ser utilizados na produção de silagem por ter maior retorno econômico. Este valor pode ser usado de forma indireta, como por exemplo, na adubação do solo.

A situação problema-inicial e a situação problema-final foi a mesma, o que mudou foi uma percepção mais real da situação, destacando que a alternativa que parecia mais inviável (silagem de milho) acabou por se mostrar como mais vantajosa.

Aluno 14

Na situação problema inicial a questão estava voltada para a pouca disponibilidade de capital para compra e início das atividades na organização, posteriormente procurei criar uma situação onde o problema inicial estivesse sanado passando o questionamento para um outro ponto do processo, no caso a distribuição e os ganhos (lucros).

Aluno 15

Inicial - Que itens produzir para produtos que não são vendidos sob medida.

Final – Mesma questão com análise de sensibilidade.
Aluno 19
Max 130e+150p
St
70e+70p<=21000
290e+320p<=41000
End
Versão final
Max 130e+150p+280u
St
70e+70p+50u<=21000
290e+320p+420u<=47300
e+p+u<=300
e<=200
p<=70
u<=30
end
Na primeira situação se trabalhava com duas restrições, já na segunda trabalhou com seis restrições.

Aluno 20
Inicial:
Uma empresa de transportes atende 3 cidades distintas, onde vende diariamente Leite Integral Longa Vida, nas seguintes condições: Na cidade A, o valor por litro é de R$ 1,23, na cidade B, R$ 1,25, e na cidade C, R$ 1,26. Tem se conhecimento, de que existem pessoas que visitam a cidade vizinha para efetuar as compras, mas em média a venda é de no mínimo 60.000 Litros por mês. Sabe-se também que a cada entrega, o volume transportado é de 10.800 litros e o limite de volume mensal máximo é de 760.000 litros. Com estes valores em mãos, a empresa solicita que seja avaliada qual a melhor composição de entregas que maximize o seu lucro.
Final
A empresa que atua no ramo de comércio e representação de produtos frigoríficos atua com seis grupos de vendedores, responsáveis entre outros, na revenda de três grupos de carnes e embutidos de origem suína. A empresa quer saber em primeiro lugar qual é o faturamento máximo possível, em seguida qual o *mix* de produtos mais rentável financeiramente, e qual o arranjo dos produtos por vendedor.
Existindo as seguintes restrições a serem observadas:

	Cota Min	Cota Max
Vendedor 1	807	1211
Vendedor 2	196	294
Vendedor 3	156	234
Vendedor 4	2162	3244
Vendedor 5	5962	8944
Vendedor 6	16086	24128

	Cota Min	Cota Max
Carnes Suínas Ki-Fácil	1958	2938
Curados	2906	4360
Embutidos	30757	20505

	Carnes Suínas Ki-Fácil	Curados	Embutidos
Vendedor 1	12,39	11,78	6,07
Vendedor 2	12,39	11,78	6,07
Vendedor 3	12,39	11,78	6,07
Vendedor 4	12,39	11,78	6,07
Vendedor 5	12,39	11,78	6,07
Vendedor 6	12,39	11,78	6,07

Aluno 21
A primeira foi apenas a otimização de 2 tipos de consultas, a final teve todos os tipos, permitindo total análise de consultas (planos) da Clínica.
Aluno 22
Não entendi.
Aluno 23
No primeiro momento tentei usar o software para resolver um problema, mas não deu certo pois o Lindo não o entendia. Depois usei em outro e consegui resolver e entender o mesmo.
Aluno 24
A situação do problema inicial foi qual seria o local mais barato para a compra dos doces e salgados para a festa. A situação do problema-final foi o resultado ou seja o custo mínimo para a aquisição dos alimentos.
Aluno 25
O problema inicial centrou-se nos custos de produção, uma vez que é a dúvida generalizada dos produtores. Ao final do trabalho, dedicamos esforços na obtenção da potencialização dos lucros, tendo em vista, que é isso que rege a viabilidade de qualquer atividade.
Aluno 26
A situação-problema inicial foi à escolha do fornecedor para aquisição de quatro medicamentos ao menor custo possível. Não houve situação-problema final, pois não havia necessidade, o problema foi resolvido com a situação inicial.
Aluno 28
Problema da distribuição de compra com maximização de lucro, avaliando os preços dos materiais comprados pela empresa, foi mantida a mesma situação do problema inicial, por falta de tempo.
Aluno 29
O problema inicial foi determinar produtos semelhantes para fazer a comparação de custos. O problema final foi o fato de um produto se determinar como inviável demais para produção da empresa.
Aluno 30
Minha situação problema ficou igual a inicial, somente alterando alguns erros de digitação, onde foi pode ser verificado o custo mínimo dos medidores e a melhor distribuição de compras, onde efetuar as compras e a quantidade que esta disponível em cada loja.
Aluno 28
Tanto no início quanto fim do trabalho, a situação foi a mesma, pois não havia muitas diferenças entre os dois tipos de escaners que poderíamos comprar: havia diferença apenas no valor de aquisição, na quantidade de cópias/dia e no custo de manutenção mensal.
Aluno 29
A situação inicial é que a empresa tinha um determinado período a ser analisado e uma determinada quantia de matéria prima. Muitas vezes sobrava matéria prima e outras vezes sobrava tempo, portanto, minha situação, foi analisar o produto que dava mais rentabilidade, utilizando toda matéria prima.
No final, percebi que utilizando toda matéria prima, ainda sobraria bastante tempo, o qual a empresa se dedicaria a decorações de flores plantadas.
Aluno 33
Minha situação-problema inicial era buscar qual era o lucro máximo e quanto deveria ser feito de cada análise, sendo que tinha três. Utilizei como restrições: demanda mínima, tempo/máquina e tempo/funcionário.
Minha situação-problema final buscou também o lucro máximo, mas dessa vez utilizando 8 análises. Fiz quatro modelos matemáticos: um com demanda mínima, um com demanda máxima, um com demanda mínima e máxima e outro sem demanda. As demais restrições foram as mesmas: tempo/funcionário, tempo/máquina.
Aluno 34
Inicialmente eu faria um problema logístico da [...] na área de estoques, porem encontrei um pouco dificuldade para operacionalizar o problema. No final resolvi fazer o trabalho na área de suprimentos e logística, que é uma área que eu tenho livre acesso a números e informações.
Aluno 35
Tendo como recursos a área de terra e o recurso financeiro para aplicar se necessário, gostaria de saber qual atividade seria mais rentável.
Aluno 36
Inicial: tinha pensado em fazer sobre o mercado dos meus pais, mais achei que ficou um problema muito restrito.

Final: verifiquei aqui na empresa uma necessidade. Bom como a empresa somente trabalha com mel, ou seja, ela compra o mel do produtor, beneficia e exporta, procurei neste processo alguma coisa importante e que fosse objeto de pesquisa. E acabei optando pelas embalagens que são componentes muito importantes neste processo produtivo.
Aluno 37
Quantas unidades de jeans devem ser produzidas a fim de maximizar o lucro?
Fiz também a análise de sensibilidade
Aluno 38
O meu problema inicial foi de pegar uma formulação de dieta para bovinos de leite e ver se fecha no Lindo. Não tive sucesso, talvez faltou mais tempo de dedicação para fazer mais simulações.
O meu problema final foi este de fazer o lindo dizer qual a atividade mais rentável para o investidor, leite, aves, suínos ou gado de corte. Ambos têm a ver com minha profissão.
Aluno 42
Meu problema inicial foi descobrir de que maneira a empresa iria conseguir maximizar o seu lucro, e usando o LINDO descobriu-se qual seria essa maneira, foi bastante interessante, pois os resultados foram bastante surpreendentes.
Aluno 43
Meu problema inicial foi definir qual o problema fazer em que área não tinha muita noção em desenvolver o modelo, fiz algumas pesquisas e perguntando para os colegas de trabalho me deram uma luz.
Meu problema final foi com resultado final que fiquei em duvida de, pois analisando mais fundo tive algumas conclusões, mas ainda tenho alguma dificuldade em interpretação dos problemas.
Aluno 44
O problema era definir qual produto seria mais rentável para a empresa comercializar, dado que a quantidade a ser vendida é o medico que prescreve.
Aluno 45
A situação problema final foi a de fabricar uma determinada quantidade a fim de maximizar o lucro. Constatou-se que para que houvesse a maximização teríamos que fabricar uma quantidade x de produtos, mas que mesmo assim a empresa deveria optar pela especialização e produção de um determinado produto que tem mais saída, sendo assim produziríamos mais quantidade e com a venda superaríamos os demais itens.
Aluno 46
Foi praticamente o mesmo, coloquei mais variáveis e modifiquei alguma coisa tipo: demanda e oferta, onde no outro eu trabalhei com estoque.
Aluno 47
A situação-problema inicial foi a de minimizar os custos de aquisições de material necessários para a fabricação de calçados, onde a final continuou sendo a de minimizar os custos de aquisições de material para a fabricação de calçados, pois os custos estavam muito altos e o proprietário estava buscando uma solução para a redução dos mesmos.
Aluno 48
MODELO MATEMÁTICO I

	Salgado	Blue	Crust	Acab
Lucro	3,00	4,00	4,70	5,10
Restrições	>=800	>=1200	>=30	>=30
	1 min	0.4 min	32 min	40 min

Quantidade de 4000 m^2;
Quantidade de 9600 minutos;

MODELO MATEMÁTICO II
Considerando-se a impossibilidade de se produzir 100%, calculou-se o tempo de desperdício no mês, com paradas, setup, interrupções, etc.

	Salgado	Blue	Crust	Acab
Lucro	3,00	4,00	4,70	5,10
Restrições	>=800	>=1200	>=30	>=30
	1 min	0.4 min	32 min	40 min

Quantidade de 4000 m^2;
Quantidade de 7680 minutos;

Aluno 49
Inicial - Encontrar um método que permitisse calcular a produção ótima no sentido de maximizar o lucro desta indústria.
Final - O problema a ser resolvido foi elaborar o Modelo Matemático que maximizasse o lucro, destas variáveis inteiras, analisando-se várias opções de produção e o aproveitamento da estrutura, respeitadas a oferta atual e potencial e a demanda mensal de cada produto.
Assim, através do estudo, obeteve-se subsídios para encontrar a solução ótima, isto é, o ponto de equilíbrio para maximizar o lucro na produção de artefatos de cimento, considerando a produção de diversos tipos e as quantidades a serem produzidas mensalmente para instalação nas redes de distribuição de energia elétrica da [...] Energia e para venda no mercado, através da Programação Linear.
Aluno 50
O problema inicial foi relacionar as restrições, queria fazer uma comparação com três veículos diferentes, seria caminhão baú, silo e carreta tanque, mas foi complicado montar o modelo matemático porque transportavam produtos diferentes e o software lindo dava erro. Acabei mudando o problema para uma situação que ocorre diariamente na transportadora e achei uma solução interessante e viável para a empresa.
Aluno 51
Bem a primeira, era descobrir qual a quantidade mais lucrativa na venda de brincos e anéis, na segunda, a venda de pulseiras, brincos e anéis. Primeiramente, seria mais lucrativo vender apenas anéis, pois necessitavam de menos tempo, na segunda, apontou que todo estoque era possível de ser comercializado e sobraria 4 horas e se tivessem mais brincos e anéis, poderiam ser comercializados também.
Aluno 53
Bom, o meu problema inicial foi a comparação de dois produtos “chefes” na chapeação, o polimento e o espelhamento. Desde o primeiro problema o LINDO mostrou que o produto mais rentável era o polimento. Na segunda parte do trabalho realizei uma análise entre o polimento, espelhamento e a chapeação em pára-choque de automóveis, e novamente o serviço de polimento é o mais rentável, nas duas partes tivemos muita sobras de produtos, e se tivéssemos mais tempo teríamos condições de realizar mais serviço. Neste caso, é muito importante a avaliação da questão das sobras de produtos, isso porque para verificar se as compras devem ser reduzidas ou há necessidade de aumentar a mão-de-obra. Um item importante é a questão da sobra da tinta, este item não tem como ser reaproveitado para outro serviço, pois sempre os carros têm uma pequena diferença na cor. Acredito que para os sócios mais uma pessoa auxiliando na empresa seria interessante, pois desta forma eles terão mais tempo para pensar e agir estrategicamente, pois hoje o volume de demanda é muito grande o que exige muito dos sócios, mesmo que para alguns serviços a empresa terceirize a mão-de-obra.
Aluno 54
O meu problema inicial foi parecido com o final, mas no início eu previa o aumento do lucro e manutenção do custo mas sem estabelecer nenhuma restrição de qual seriam esses valores. Outro item que não estava presente era número mínimo e máximo de números em cada turma.
Já o meu problema final prevê uma receita x a um custo y. Também estabelece outra restrição que é o número de alunos mínimos e máximo em cada turma.
Aluno 56
Primeiro problema foi obter os resultados dos custos de produção e do retorno obtido por cada hectare cultivado, esses dados foram obtidos com a emater do município em seguida foi tentou-se maximizar o lucro da atividade, com base nas restrições encontradas.

No segundo problema foi tentar achar uma diversificação da produção, pois devido a restrição do produtor em ter somente uma opção de cultivo, e da questão do solo que não contempla somente uma produção, foi colocada uma restrição no modelo matemático, a ter no mínimo a se cultivar 3 hectares de cada produto.
Contudo com essa mudança se teve uma diminuição considerada no seu lucro final.
Aluno 57
A inicial foi utilizado 2 tipos de serviços, vendo qual era mais lucrativo, levando em conta o tempo, o lucro e o quanto estava disponível atender, e na situação final somente foi colocado mais serviços, analisando as variáveis para ver se o lucro aumentaria e se os recursos estavam sendo alocados corretamente
Aluno 58

3) Quais os resultados finais da modelagem que modificaram a formulação inicial do seu problema? Fale um pouco sobre a organização e construção da sua situação-problema.
Ao final do problema, os erros de solução que o LINDO apresentava deixava claro onde estava o problema do meu modelo matemático, a falta de tempo. E justamente isso era o que eu queria comprovar. Portanto, não houve mudança de formulação do problema em virtude do resultado, o que ocorreu foi a simulação de uma situação ideal de tempo para a realização de todo o trabalho proposto ao funcionário.
Aluno 1
No começo eu achei pouca coisa fazer somente o estudo da maximização de espaço, por isso resolvi fazer a maximização do lucro também e o comparativo. O problema, particularmente, acho bem interessante, pois muitas empresas apresentam o mesmo, inclusive a que trabalhei anteriormente. E como é relacionado ao Comércio Exterior, área em que trabalho e estudo, achei interessante arriscar.
Aluno 3
Sem resposta
Aluno 4
Como descrito acima, olhar as metas e ver que os vendedores são capazes de vender mais da marca que da retorno pra empresa, isso é ótimo. A empresa sabe que deve vender de todas as marcas, o importante para a revenda é bater as metas da [...], portanto, o trabalho realizado não vai poder ser aplicado na empresa. Ela não trabalha com a maximização de um produto só. Este trabalho seria bom para ser aplicado nos pontos de venda, pois muitos de nossos clientes têm uma caixa de cada marca no estoque, sendo que poderiam estar trabalhando somente com a que mais lhe desse retorno.
Aluno 5
Os resultados trouxeram de forma rápida a solução do problema, que muitas vezes, na prática há maior perda de tempo. Com isso, foi de grande auxílio para a organização, que poderia utilizá-lo para gerenciar suas compras. A organização atua no ramo de informática há mais de dez anos, trabalhando com venda e assistência técnica. Através da observação do método de compra, foi possível desenvolver o problema e encontrar soluções rápidas e precisas através do Lindo.
Aluno 6
O modelo da situação problema foi reescrito mais de uma vez. Mesmo que essa fosse simples, pensávamos em como poderíamos incrementar maior complexidade ao exercício. Muitas tentativas foram executadas para que o modelo matemático apresentado tivesse sentido. Particularmente, a estruturação das restrições geraram muitas dúvidas e em algumas vezes nos utilizamos da tentativa e erro.
Aluno 7
Os resultados finais foram muito importantes, pois percebi que eu tinha uma falta de dinheiro para a compra de equipamentos e um lucro muito baixo para minhas aquisições e reformas. Como comentei na 2ª questão tive muitos problemas para montar o problema, mas eu contava com dados muito interessantes, com o auxilio da professora consegui montar o problema e resolve-lo.
Aluno 8
A ideia surgiu por acaso durante uma conversa informal. A solução do problema não se mostrou complicada, porém muito trabalhosa. Tive de limitar o problema para saques até R$ 100,00 senão não conseguiria terminar a tempo.
Aluno 11
Enquanto que no primeiro maximizei os lucros no segundo minimizei os custos. A empresa na qual foi realizado o trabalho foi a Cooperativa [...], atualmente a Cooperativa possui um custo elevado em material de expediente, pelo fato dos diversos processos que executa diariamente não serem

automatizados, tornando-se necessário o uso de diversos documentos, além dos diversos arquivos que a mesma possui.
Aluno 12
Não houve alteração na modelagem. No momento em que a fórmula estava montada deu sustento ao resultado final.
Aluno 14
Os resultados finais do meu problema não alteraram as condições iniciais, tendo em vista que de certa forma um se tornou complemento do outro, pois se tratam de duas situações distintas, a situação problema de certa forma apresentou um crescimento gradativo conforme a realidade da organização, isso mostra a facilidade que se tem ao empregar os modelos matemáticos nas mais diversas situações.
Aluno 15
Definidos itens como lucratividade por item, horas de produção, consumo de gramas de lã. Após isto foi feito o cálculo no LINDO.
Aluno 19
O lucro máximo é de R$ 31.533,33, restaram ainda R$ 15.369,04 disponíveis no caixa da empresa para compra de torras de eucalipto.
Resultado inicial: O lucro máximo é de R$ 19.218,75, ainda restaram R$ 12.031,25 disponíveis no caixa da empresa para compra de torras de eucalipto.
Como a empresa trabalha com desdobramento de madeiras achei interessante formular um problema referente a matéria-prima utilizada, quais matérias-primas a empresa deveria beneficiar para alcançar o maior lucro possível.
Aluno 20
Por se tratar de uma filial terceirizada de uma cooperativa, existem políticas que devem ser respeitadas, contudo, é possível uma independência ao que se referem locais de atuação e volumes vendidos, como por exemplo, a quantidade vendida em cada cidade. No problema inicial, havia a situação do leite, porém, como o valor é proporcional à distância vendida, a diferença se torna igual tendo os mesmos volumes atendidos, e os custos relacionados contabilizados proporcionalmente.
Aluno 21
O meu problema foi construído a partir de todo e qualquer tipo de consulta existente na Clínica, obedecendo restrições de horas médias máximas e mínimas, juntamente com números médios máximos e mínimos de consultas por mês.
Aluno 22
Não respondeu
Aluno 23
Como foram duas situações diferentes não tenho esse comparativo.
Aluno 24
O Hospital [...] é uma entidade que beneficia milhares de indivíduos mensalmente, para isso é necessário um número elevado de colaboradores, estes precisam sentir-se motivados para realizar seu trabalho, com este propósito todo o final de ano é realizada a festa do H[...], para esta festa é comprado doces e salgados. Recolhi os dados necessários para calcular o custo mínimo da situação.
Aluno 25
Embora que o número de restrições tenha ficado reduzido, o problema, aos nossos olhos, reflete a real problemática desse segmento. Buscamos os custos de produção em sites especializados, bem como, a cotação de preços na bolsa de valores (BM&F). De posse dessas informações ficou fácil elaborar o problema. Questões técnicas também foram consideradas, no caso, a rotação de cultura. Ao final, a ideia prevalecente da maioria, sempre se foca na máxima rentabilidade da lavoura.
Aluno 26
A análise deste trabalho deu-se por meio de um estudo de caso realizado na empresa [...] Farmácia do município de [...], a qual é especializada na venda de medicamentos e produtos de higiene.
Como estratégia inicial, foi levantado os principais medicamentos que a empresa necessitava adquirir, em um curto espaço de tempo, sendo: Triquilar, Fenergan, Monocordil e Celestamine. Os mesmos foram organizados em tabela para análise inicial.
Após necessitou-se realizar um levantamento de preços com os principais fornecedores da empresa, onde foi disponibilizado em forma de tabela, considerando as quantidades disponíveis por cada um.
Depois de todos os dados organizados em tabela partiu-se para elaboração do modelo matemático no qual se visou minimizar os custos, considerando-se todas as variáveis necessárias. Para fins de cálculo utilizou-se o software LINDO, no qual se inseriu as variáveis e restrições do problema, obtendo-se instantaneamente o resultado.
Aluno 28

Situação muito simples com apenas 6 restrições, DE COMPRA MÍNIMA E LUCRO MÁXIMO.
Aluno 29
Os resultados finais da modelagem q modificaram a formulação foi quando se percebeu que utilizava produtos com estilo de venda diferente, ou seja, mercado consumidor distinto. A construção do problema foi primeiramente determinar produtos semelhantes com utilização dos mesmos insumos e mesma finalidade. Após essa determinação se tornou mais fácil.
Aluno 30
Minha situação problema foi um pouco complicada, devido não ter dados para utilizar, então tive que recorrer a outro setor o qual me cedeu valores de custo das lojas onde efetuam as compras dos medidores. O resultado final me mostrou qual das lojas teria disponível a quantidade que necessitava e a um custo mínimo.
Aluno 31
A Cooperativa [...] comercializa planos de saúde, é uma cooperativa preocupada com o meio-ambiente, a qualidade de vida da comunidade em geral, está sempre em busca da excelência no atendimento e nas formas de trabalhar. Como ela vem constantemente crescendo, o espaço físico para guardar suas guias, consultas e exames e o tempo necessário para encontrá-los quando necessário está pequeno, ela adquiriu escaners para digitalizar esta documentação. Com isso, quando algum colaborador ou médico precisa olhar algum documento, basta entrar no sistema da cooperativa que lá estará o documento, digitalizado.
Aluno 32
Devido a organização não ter um controle em nenhum sistema, ficou um pouco mais difícil, porém, foi feita uma média diária de compras e vendas que a empresa faz. Após, peguei como base os dois produtos que a empresa mais vende, os quais visamos ver qual dá mais rentabilidade em questões financeiras.
Com a utilização do software Lindo, pudemos ter uma visão de um gargalo que a empresa tem em questões de tempo.
Aluno 33
Na primeira situação-problema o resultado ficou muito alto, visto que não foi considerado que os funcionários fazem outras atividades, além daquelas três análises. No modelo final isto foi revisto, a fim de fazer a situação o mais próxima da real possível, já que mensurar quanto tempo os funcionários se dedicam a aquelas 8 análises é complicado. Busquei elaborar quatro modelos a fim de ter uma visão mais ampliada dos resultados.
Aluno 34
Adaptei novas informações ao meu problema inicial. Quanto a organização, através da resolução do problema a empresa pode confirmar que as ideias que vem tendo, estão no caminho certo, uma vez que o volume de cargas concentrado no container 40' sempre foi muito superior do que o container de 20'.
Aluno 35
Para formulação do problema foi necessário retirar algumas variáveis, pois o programa não estava interpretando corretamente algumas variáveis.
Aluno 36
Primeiro eu fiz um estudo das ultimas cargas de embalagens de tambor recebidas pela empresa. A partir daí saíram as quatro empresas que foram objetos do estudo. Vi também as disponibilidades medias que eles podiam nos dar e o custo dos dois tipos de tambores, e a partir daí gerou o custo
Aluno 37
Resposta; Deverão ser feitas 40 bermudas e nenhuma cigarrete, sendo que para cada cigarrete que ser fabricada o custo se reduz em 7,7.
Teremos uma sobra de 6.960m de tecido e 14.400 apliques , tendo também um gargalo de produção de 35hrs.
Se eu aumentar 62,29+7,7 cigarretes teremos a mesma lucratividade da bermuda se não pudermos aumentar as cigarretes tenho que reduzir a produção das bermudas diminuindo o lucro em 3,85
Pode-se também aumentar o tempo de produção sem faltar tecido nem apliques, pois **temos** tempo sobrando.
Aluno 38
Inicialmente não coloquei as restrições. Posteriormente, além de colocar as restrições, fui alterando seus valores e observando que as escolhas do lindo foram mudando. Fui deduzindo os limites de cada variável.
Aluno 42
Bem, a [...] Malhas é uma empresa do ramo de fabricação de malhas, e a produção está basicamente voltada para a produção de camisetas, bermudas e calças, e foi com base nesses 3 produtos que

elaborei meu problema. Com a ajuda do pessoal da [...] consegui os dados necessários para a elaboração do meu problema.
Aluno 43
Os resultados finais foram diferentes, por que no meu modelo matemático final eu fiz algumas restrições, para que todos os transportadores fariam pelo menos um transporte para o armazém.
Aluno 44
De inicio parecia que o produto similar daria o menor lucro pois era o que tinha a menor margem mas no final do trabalho pode se notar que ele é o mais rentável pois seu preço de compra e venda é menor podendo se ter um estoque e venda maior.
Aluno 45.
A empresa é de pequeno porte, e produz esquadrias de madeira, foram escolhidos os produtos que são fabricados dentro de uma cartela os produtos mais solicitados, e a partir de então a quantidade máxima produzida em um mês, então se montou o modelo. Os dados foram coletados juntamente com os arquivos já existentes na empresa e também com o auxilio do chefe de produção, os valores dos produtos foram alterados a mais ou a menos, pois não foi possível a divulgação de valores corretos.
Aluno 46
A construção do meu problema se deu devido a um exemplo do polígrafo, como tenho muitos produtos e vários fornecedores, resolvi ver onde era mais vantajoso fazer minhas compras.
Aluno 47
A empresa trabalha com orçamento fechado com três empresas fornecedoras de material, compra da que fizer o menor valor de todos os materiais. Com os resultados finais da modelagem foi modificado este sistema de compra e pode-se notar uma redução de 1,55% no total do valor orçado pela empresa de menor valor.
Aluno 48
A instituição analisada foi a empresa [...], fundada em 2002. Atualmente tem sede na cidade de [...], no estado do Rio Grande do Sul. A organização atua no setor coureiro-calçadista, trabalhando com couros e peles de origem bovina, com maior proeminência, além de suína e equina. Comercializa as peles e couros nos estágios in-natura, wet blue, semi-acabado e acabado.
A instituição está presente nas regiões como: Vale dos Sinos, Vale do Taquari e Serra; com maior significância, e em percentuais menores regiões da Fronteira e região do Vale do Paranhama.
A empresa tem como objetivo principal buscar à satisfação do cliente, com o respectivo retorno financeiro, e para isso acontecer prioriza a qualidade nos seus produtos, com o objetivo de estar sempre à frente ou equiparada aos seus concorrentes.
Os principais fornecedores estão localizados nas mesmas regiões em que atua com as vendas.
Resultado apresentado pelo software Lindo:

Modelo II Lucro Max: $ 15.350,22

Tipo de couro	Variável	Quantidade	Porcentagem
Salgado	S	800	20%
Wet blue	B	3.052,53	76,31%
Semi-acabado	C	30	0,75%
Acabado	A	117,47	2,94%
Total		4.000	100%

Fonte: Elaborado pelo autor

Aluno 49
O objeto deste estudo foi elaborar uma proposta para melhoria da produtividade e a maximização do lucro, baseado em modelos matemáticos através da programação linear. Portanto, a Programação Linear estudada no sentido de elaborar este modelo permitiu encontrar uma solução que maximizasse o lucro.
Uma vez definido o modelo matemático inicial, foram simuladas quatro opções de oferta e demanda dos produtos, inclusive excluindo a produção de alguns menos lucrativos em duas opções.
Quanto à empresa, os próximos dois anos deverão ser o prazo máximo para que se substituam todos os postes de madeira instalados nas redes da [...] por postes de concreto. Devido aos altos investimentos na expansão das redes de distribuição nos últimos 15 anos, novos projetos já não são tão frequentes. Assim, se fez necessária uma avaliação mais profunda da viabilidade de manutenção da produção própria dos artefatos de cimento.

Este estudo avaliou a capacidade produtiva da Indústria, comparando o lucro atualmente obtido e o lucro possível com pequenos ajustes na produção. É do conhecimento dos gestores que a comercialização dos produtos de cimento rende boa margem de lucro se a utilização dos recursos na produção for com eficiência máxima.
A análise abrangeu os principais produtos desta indústria, apresentados no QUADRO 3, considerando-se os mais comercializados e a estrutura atual de formas e capacidade, que conta com 12 funcionários que atuam na produção.
Aluno 50
O problema inicial tinha um peso de mercadoria muito elevado e o software lindo não conseguia resolver o problema, procurei colocar menos quantidades e peso, assim o software conseguiu resolver o problema.
Aluno 51
A loja comercializa acessórios e roupas, levei em consideração apenas os acessórios, por isso sobrou tempo, deve-se levar em consideração que a loja não dedica tempo integral para os acessórios, mas em alguns meses do ano a venda de acessórios aumenta, para isso é dedicado mais tempo para a venda dos mesmos.
Aluno 53.
Para a construção do problema tivemos que analisar entre os serviços feitos a quantidade de materiais, tempo em média para a realização do serviço e quais materiais utilizados. A principal dificuldade foi fazer o levantamento das quantidades, pois não se tem um controle sobre a quantidade dos materiais para cada serviço. Além de verificarmos uma estimativa de quantidades de materiais, consideramos o tempo de duas pessoas para a realização, conforme o levantamento era feita, acrescentávamos ao trabalho para a pesquisa.
Aluno 54
O meu problema inicial também estava correto, porém bastante simples, pois não tinha nenhuma restrição, então o Lindo ofereceu como resultado, dados óbvios, o que poderia ser feito sem a utilização do mesmo. Então para poder melhor usufruir do que o Lindo nos oferece reformulei o meu problema para poder realmente ser aplicado na instituição em que trabalho.
Aluno 56
A questão crucial que modificou a formulação do primeiro modelo matemático foi que o resultado obtido para maximizar o lucro era de somente um tipo de cultivo, que não agradou o produtor, pois devido a fatores externos como incompatibilidade do solo para somente o cultivo do aipim, a questão climática, fatores da economia, fez com que se fizesse algumas adaptações ao problema que acabou diversificando a produção, mas em contra partida acabou por reduzir o seu lucro final.
Aluno 57
O estudo foi feito em um salão de beleza, onde todos os profissionais fazem somente um tipo de serviço, então foi analisada a quantidade de clientes que todos os profissionais conseguem atender num dia, considerando o lucro e o tempo. Assim o modelo matemático pode mostrar os pontos ineficazes da gestão.
Aluno 58

4) Os problemas de modelagem nível I, resolvidos em aula com o uso do *software* LINDO foram relevantes para a identificação e modelagem do seu problema? Em caso positivo, cite exemplos concretos desta aplicação.
Os problemas de nível I foram relevantes na modelagem do problema do meu trabalho, pois entre os exercícios resolvidos em aula estava o de uma emissora de televisão com necessidade de organizar o tempo de comercial e programa no ar e suas respectivas lucratividades. Isso me fez ter a ideia de como resolver o meu problema. Já a utilização do software LINDO para problemas das mais diversas tipologias trouxe a prática necessária para a compreensão dos resultados.
Aluno 1
Foram sim, pois foi necessário todos os exemplos vistos em sala de aula para conseguir elaborar o problema e resolvê-lo.
Aluno 3
Os problemas resolvidos em aula fora muito importantes na criação do problema, pois, adaptei os problemas resolvidos em aula a meu caso .
Aluno 4
Foram muito importantes com certeza, principalmente para se poder analisar cada detalhe da empresa e encontrar algum ponto com problema que pudéssemos melhor. Não poderia citar um só exercício resolvido em aula, no meu modelo fiz uma mistura dos vários que vimos.
Aluno 5

Sim, através dos primeiros exemplos foi possível ter uma visão de como poderíamos criar um modelo matemático e aplicá-lo no nosso dia-a-dia, como exemplo, pode-se citar um exercício sobre computadores, realizado nos primeiros dias de aula.
Aluno 6
Sim. Os modelos matemáticos mais simples permitem que você tenha um ponto de início. Os exemplos que podemos citar dizem respeito a produção de alimentos, restringindo-se insumos ou mão-de-obra. Na elaboração de ração, limitando-se as cotas necessárias de nutrientes, entre outras.
Aluno 7
Não, pois em nenhum dos exemplos tinha problemas que falassem em reformas, mas alguns apresentavam algo sobre vendas, que pude tirar uma base, alem de contar com a ajuda da professora e uma amiga que fez essa cadeira no semestre passado.
Aluno 8
Sim. Usei o exemplo do corte de barras para analisar as opções de pagamento.
Aluno 11
Sim, os exemplos foram os exercícios de licitação.
Aluno 12
Sim, os problemas resolvidos em sala de aula acabaram servindo de exemplos e auxiliando na criatividade para diagnosticar situações do dia-a-dia em que o *software* LINDO pudesse ser utilizado.
Aluno 14
Sem dúvida a resolução do problema de modelagem nível I, foi muito relevante, pois serviu de base para identificarmos situações onde os modelos matemáticos pudessem ser empregados, pois muitas vezes o problema existia, mas não tínhamos conhecimento de que pudéssemos fazer uso dessa ferramenta para auxiliar na resolução do mesmo.
Aluno 15
Sim. Com os exercícios efetuados pode-se diagnosticar qual a melhor produção a fim de maximizar os lucros.
Aluno 19
Sim pois se teve o conhecimento do mesmo, o que ele executava para após ver o problema de pesquisa onde foi essencial o auxilio do software LINDO para a resolução.
Aluno 20
Sim, como exemplo posso citar o problema em que uma microempresa produz dois tipos jogos para adultos e sua capacidade de trabalho é de 50 horas semanais. O jogo A requer 3 horas para ser confeccionado e propicia um lucro de R$ 30,00, enquanto o jogo B precisa de 5 horas para ser produzido e acarreta um lucro de R$ 40,00. Neste caso solicita-se que seja apresenta a quantidade de unidades de cada jogo devem ser produzidas semanalmente a fim de maximizar o lucro?
Aluno 21
Sim, o meu problema foi feito baseado em aplicações do software LINDO, sem o conhecimento prévio adquirido nas aulas, seria impossível identificá-lo como problema aplicável no LINDO, muito menos modelá-lo.
Aluno 22
Sim, vi que posso aplicar no meu trabalho.
Aluno 23
Os problemas da modelagem 1 foram importantes, pois deram uma base, seria importante sempre usar o mesmo problemas nas duas atividades, como eu não usei fiquei “boiando um pouco”.
Aluno 24
Sim, pois consegui identificar o custo mínimo da situação
Aluno 25
Evidentemente que foram relevantes, tendo em vista, os exemplos práticos de aplicação, com destaque para o caso da formulação de ração para uma granja de suínos e caso das opções de atividades para uma fazenda.
Aluno 26
Sim, o modelo matemático foi montado conforme exercícios aplicados em sala de aula.
Aluno 28
Sim. Foi relevante, claro, utilizei o lindo para resolver o problema..
Aluno 29
Com certeza. Os problemas já vistos resolvidos anteriormente deram uma base boa para determinar o meu próprio problema.
Aluno 30
Com os problemas resolvidos em aula, pude utilizar como exemplo o caso dos fertilizantes, o qual também trata de disponibilidade de produtos e custos de cada loja.

Aluno 31
Com certeza foram muito importantes, pois foi com base neles que consegui identificar um problema e modelar no LINDO.
Aluno 32
Sim, foram relevantes. Pois em sala de aula, fazíamos muitos exercícios para saber qual era o produto que maximilizava mais os lucros e minimizava os custos e outros que mostravam qual era o produto que a empresa teria menos sobras ou gargalos.
Aluno 33
Claro que sim. Os modelos resolvidos em aula foram a base para a formulação do trabalho final, em especial em saber quais as restrições seriam importantes colocar. Por exemplo, tempo/máquina e tempo/funcionário eram restrições que eu já havia definido que iriam constar no trabalho, até por serem itens vitais. Depois, repensei, e lembrei que havia a necessidade de colocar a demanda, caso contrário, o LINDO automaticamente “jogaria” o máximo possível na análise mais lucrativa – o que não é compatível com o que o mercado exige.
Aluno 34
Sem duvida, foi relevante, uma vez que as expectativas em torno do que vem sendo trabalhando na empresa foram colocadas a provas.
Aluno 35
Sim foi valido, pois aprendi a analisar dados que antes não levava em consideração. Que para se obter respostas mais confiáveis, é necessário que se leve em considerações o maior número possível de variantes.
Aluno 36
Sim, através dela pude verificar os custos, ver qual era meu gargalo, e detalhou os custos que eram a mais para aquisição da matéria prima ou seja do tambor.
Aluno 37
Sim, pois consegui analisar com facilidade detalhes que muitas vezes passam despercebidos pelos administradores
Aluno 38
Sim, me espelhei neles para buscar uma situação problema próximo da realidade em que atuo. Em aula fizemos diversos modelos, tanto de cálculos de dieta, que foi minha primeira opção quanto da escolha por uma atividade que maximizasse o lucro. Acho que a diversidade de assuntos enriqueceu o semestre.
Aluno 42
Foram fundamentais para o meu problema, pois eu usei diretamente na elaboração do meu problema, bem como também na solução do mesmo, tipo os dados em forma de planilha, demanda, capacidade total de produção....
Aluno 43
Sim, por que agente começa analisar as situações de gastos das empresas em geral, onde é uma das formas de ajudar as empresas em minimizar os custos e gastos que as empresas estão sempre pedindo redução.
Aluno 44
Foi relevante sim, pois, ajudou na melhor organização dos dados existentes.
Aluno 45
Com certeza os problemas resolvidos em aula auxiliaram muito para a formulação deste problema na empresa, inclusive havia problemas parecidos, em que as empresas produziam um valor mensal e a partir de então gostariam de saber qual o produto era mais lucrativo, e como maximizar o lucro.
Aluno 46
Para o meu modelo foram relevantes, apesar de ter sido um problema bem fácil onde já se esperava a resposta. Mas como pude ver na apresentação dos meus colegas, para alguns problemas ele foi fundamental.
Aluno 47.
Sim, como por exemplo o problema que pedia quantos burros e jumento deveriam ser utilizados de modo a minimizar o custo do aluguel dos mesmos.
Aluno 48
Sim, foram usados como base e exemplo para a coleta de dados do exercício.
Aluno 49
Os problemas de Nível I foram relevantes para o aluno que normalmente ainda é leigo no assunto. Porém, para a modelagem definida através do estudo do problema na empresa, pôde-se iniciar com um nível mais complexo, uma vez que a resolução da questão assim o exigia. Para esta tarefa não houve nenhuma dificuldade.

Problemas comuns e rotineiros podem ser resolvidos com o Nível I. Exemplos: produção em padarias, floriculturas, ou seja, atividades que são compostas por poucas variáveis.
Aluno 50
Os problemas resolvidos em aula foram muito importantes para o desenvolvimento do trabalho, consegui fazer analises e comparações de problemas não só relacionados ao transporte, mas também como vários outros modelos, sempre procurando a solução mais viável para maximização do lucro ou a minimização de custos.
Aluno 51
Claro que sim, pois através dele pode-se analisar a viabilidade da quantidade de acessórios deve se comprar, sem ter que aumentar o custo com estoque e também viabilizar a melhor forma de expor as peças .
Aluno 53.
Sim, um exemplo disso foi a realização dos exercícios das padarias, depois destes exercícios comecei a pensar qual seria o problema e onde faria o trabalho, em qual empresa. Durante a realização dos exercícios comecei a verificar quais serviços poderia avaliar, e assim conseguir auxiliar melhor a empresa em suas decisões.
Aluno 54
Com certeza. Foram problemas simples, por essa razão poderiam ser aplicados em qualquer empreendimento. Como por exemplo os de maximização de lucro, os de suprir as exigências de necessidades de alimentação, também os que pediam o número de produtos que deveriam ser fabricados para atingir o resultado esperado.
Aluno 56
Sim, pois conseguiu-se distinguir o almejado que era o lucro com as restrições, com essas definições foi somente aplicar o modelo matemático lindo, que ele forneceu as opções que melhor trariam os resultados almejados, com algumas modificações conseguiu-se fazer a melhor interpretação do real, em arriscar.
Aluno 57
SIM. Todos os problemas feitos em aula serviram como exemplo, mostrando as diferentes empresas e seus diferentes objetivos e problemas, ficando mais fácil a compreensão e interpretação do Lindo com as diversas variáveis.
Aluno 58
5) O que você fez ou fará com os resultados obtidos a partir das respostas fornecidas pelo *software* LINDO?
O resultado será levado para a administração da empresa com a finalidade de ser colocado em prática, já que há uma grande necessidade de resolver o problema apresentado no trabalho. Foram analisadas duas opções de solução que devem agora devem ter sua viabilidade discutida de acordo com a realidade e planejamento proposto pela empresa.
Aluno 1
Eu pretendo mostrar para a empresa e verificar se eles podem aproveitar alguma coisa. Além disso, pretendo mostrar também na empresa em que trabalho, pois podemos usar esse problema de exemplo para outros clientes com diferentes tipos de mercadoria. Também pretendo continuar a utilizar o LINDO, pois pode acontecer de surgir um problema e poderemos tentar resolvê-lo através do LINDO.
Aluno 3
Passar informação para a gerência de produção para que eles possam passar a utilizar esse conhecimento para obter mais economia.
Aluno 4
Como já comentei acima, o trabalho foi muito bom de ser realizado, mas a empresa não poderá utilizá-lo, pois suas metas de venda são montadas pela [...], tendo que ser vendido um pouco de cada marca, mesmo que esta não de tanto retorno como a outra. Mas posso repassar o modelo matemático para clientes amigos meus utilizarem em seus bares.
Aluno 5
Através dos resultados obtidos, pode-se apontar sugestões para a empresa, que poderia utilizar modelos matemáticos para facilitar seu trabalho.
Aluno 6
Mais do que os resultados encontrados, o mais importante foi desenvolver um modelo matemático para a aplicação em próximas situações futuras e idênticas. O resultado do LINDO, pela construção com valores hipotéticos, não traz utilização imediata.
Aluno 7

Os resultados que o LINDO me forneceu já estão sendo aplicada, como a diminuição de gastos extras com reformas e compra de equipamentos, o visar mais a venda dos tratores e subsoladores.
Aluno 8
Usarei como exemplo para a criação de um modelo mais completo que possa realmente ser útil para a empresa.
Aluno 11
Apresentarei para a empresa como sugestão para as próximas compras.
Aluno 12
As respostas já foram repassadas ao meu Pai. Várias decisões serão tomadas com base neste resultado. Inclusive já foi abortada uma ideia de reduzir a área de silagem de milho, para implantar mais pastagem perene.
Aluno 14
A partir da resolução do software LINDO e dos resultados apresentados pretendemos traçar as metas de venda e consequentemente de compra dos produtos, visando sempre aumentar os lucros e reduzir o volume de dinheiro empregado na compra.
Aluno 15
Relatarei os resultados para a administradora. Vou sugerir a possibilidade de contratação de mais um funcionário a fim de atender o ponto de estrangulamento do problema e efetuar novo estudo a fim de verificar a viabilidade de produção de itens não efetuados sob medida para um nicho de mercado que hoje não é atendido pela empresa.
Aluno 19
Informar ao administrador da empresa dos resultados que foram alcançados com problema para o mesmo aproveitar, desfrutar ou essas informações irão auxiliar na tomada de decisão e ainda melhorar o faturamento da mesma.
Aluno 20
A partir das repostas e valores obtidos, apresentarei os dados para a empresa, a fim de reformularmos algumas políticas, demonstrando que poderá haver um considerável retorno.
Aluno 21
Como nenhuma clínica possui a capacidade de escolher a quantidade de pacientes e muito menos o tipo de atendimento/consulta para os mesmos, poderia se pensar em dar preferência de algum modo para consultas do tipo E, visando ao menos diminuir a porcentagem de quase 372,37% de diferença entre o lucro máximo com restrições e o lucro máximo sem restrições, isso é claro, sempre dentro da ética, principalmente porque uma clínica médica é voltada para a área da saúde e acima de tudo lida com pacientes
Aluno 22
Aplicar na empresa que realizei o estudo.
Aluno 23
Como já comentado no trabalho o software irá ajudar e muito a minimizar custos e tempo de agora em diante.
Aluno 24
Como os dados do meu problema eu consegui com a área do Marketing, foi para elas que repassei os dados coletados.
Aluno 25
Em termos práticos, poderá o exemplo, ser compartilhado com os demais colegas da organização e tornando-se uma possível nova ferramenta no auxilio da tomada de decisão. No nosso caso específico, essa ferramenta poderá contribuir comercialmente, fornecendo informações que possam contribuir para a argumentação de venda dos nossos consultores.
Aluno 26
Vou apresentar para a organização as respostas, para que assim ela possa realizar a compra dos medicamentos ao menor custo possível, ou seja, do fornecedor que apresentou o melhor preço.
Aluno 28
Com estes resultados não posso fazer nada, pois os dados não são reais, mas vou usar o lindo para fazer as compras da empresa e carregamento de containers.
Aluno 29
Tentarei aplicar a mais produtos da empresa.
Aluno 30
Com os resultados obtidos, não vou poder fazer muita coisa, devido a empresa ter contrato com as lojas fornecedoras dos medidores, mas para mim já foi de grande vai poder saber que existe um software que pode me ajudar a minimizar os custos e ainda me identificar a quantidade de produtos que devo comprar nas lojas.

Aluno 31
As informações que consegui com este modelo matemático serão levadas até o responsável pela aquisição dos escaners, para mostrar o que é mais vantajoso.
Aluno 32
A partir dos resultados mostrados pelo LINDO, fiz uma análise e mostrei a empresa o qual me confirmou que tomará providências para ter um sistema para controlar a sua compra e venda.
Aluno 33
Na verdade, como desenvolvi o trabalho em outro setor, no meu dia a dia não alterará em nada.
Porém, encaminharei o trabalho pronto para os responsáveis pelo Setor, dando um *feedback* e algumas sugestões (já contidas no trabalho), ficando a critério deles tomar alguma decisão ou não. Como dito em aula, a Pesquisa Operacional fornece ferramentas para apoiar a tomada de decisões, mas fica a critério dos gestores o que irão fazer.
Aluno 34
Estarei repassando ao pessoal responsável pela logística dentro da empresa para que tenham em mente que estão no caminho certo e devem continuar assim.
Aluno 35
Levarei em consideração os dados fornecidos porem, como o programa é limitado terei que analisar outras situações antes de decidir qual por qual atividade irei optar.
Aluno 36
Apresentar as pessoas responsáveis pela empresa pois é um estudo muito proveitoso, através dele pode-se identificar a minimização de custos e a melhor escolha de compra. O lindo pode auxiliar a empresa em outras situações também.
Aluno 37
Não sei ainda , pois usei valores fictícios não são reais.
Aluno 38
Pretendo usar o Lindo e esta formulação pronta para outras situações, onde mudam somente as variáveis e os valores.
Aluno 42
Com certeza os levarei para os donos da [...], para que eles possam de uma maneira utilizá-los, ou então, para que possa lhes auxiliar na maximização dos lucros, que era isso que eu buscava na meu problema, e também o que todas as empresas desejam.
Aluno 43
A principio não tenho nada em vista para este trabalho com software, por que não trabalho na área de custos onde é mais usado. E também não tenho interesse neste sistema.
Aluno 44
Sugerir que a empresa trabalhe na medida do possível com o produto mais rentável.
Aluno 45
Os resultados obtidos serão repassados para o diretor da empresa, com base nos resultados será possível obtermos mais lucratividade, e ainda remodelarmos a produção tendo em vista que poderemos explorar um novo mercado e obtermos uma maior lucratividade.
Aluno 45
Bom, no momento vou seguir a resposta do Lindo, pois como queria minimizar custos, ele sugeriu que nós comparecemos onde o preço estava menor. Mas para o futuro sei que posso contar com uma ferramenta para outros problemas que sejam cabíveis ao lindo.
Aluno 47.
Uma cópia do trabalha foi entre para os gestores da empresa, onde constam os resultados obtidos pelo software, também constam algumas sugestões de mudanças em suas formas de orçamento, cabe a eles a utilização ou não das sugestões feitas.
Aluno 48
Aqui comprova-se mais uma vez que o software Lindo dá preferência à variável de maior rentabilidade até seu limite de alcance. O software é apenas uma ferramenta e cabe ao administrador tomar as decisões cabíveis,
Importante é ter o conhecimento do que é mais rentável para a empresa, já que a rentabilidade apresentada pelo modelo é muito significativa, buscando se aproximar ao máximo possível deste modelo.
Aluno 49
Sem dúvida, o software LINDO é ferramenta rápida e fundamental para a resolução de modelos matemáticos. Seria muito difícil calcular os modelos manualmente.
O estudo realizado na empresa já está de posse do gestor do negócio e as estratégias sugeridas ao final da análise estão sendo avaliadas.

Aluno 50
Apresentarei essas respostas para o responsável pela logística da empresa, mostrando que o software lindo é uma ferramenta muito boa e pode estar auxiliando no dia a dia da empresa.
Aluno 51
Usá-las no momento da compra e de expô-las no móvel.
Aluno 53.
Com os resultados obtidos, os empresários terão condições de avaliar melhor a questão da realização de espelhamentos, pois hoje se tem uma grande procura. Desta forma, a empresa terá que verificar se aumenta o preço ou se realiza este serviço somente para clientes especiais, que realizam sempre serviços com a chapeação.
Outra questão é de quando realizarmos uma micro pintura ou um serviço menor “influenciarmos” o cliente a realizar um polimento, antes sempre era oferecido o espelhamento.
Será reduzida a compra de tinta, pois hoje a empresa conta com um grande espaço, a parte disponível para estoque já está cheia de restos de tinta. Acredito que com a redução de compra deste material e a realização de 5’S será a solução e a empresa terá como organizar melhor seu espaço.
Aluno 54
Poderei tranquilamente aplicar na instituição, porém com os valores reais que está trabalha atualmente. Como citei no meu trabalho, desenvolvi um problema com números fictícios para preservar a Instituição.
Mas com o conhecimento na disciplina e o que nos oferece o Lindo, poderão surgir outros problemas na Instituição, nos quais terei a oportunidade de utilizar o que aprendi durante o semestre.
Aluno 56
Com os resultados obtidos pelo programa, respeitando as limitações do solo tentaria arriscar um pouco mais no plantio do aipim que me fornecera um retorno bem maior do que as outras duas culturas, produzidas respeitaria somente a questão do solo pelo fato de não suportar o plantio do aipim.
Aluno 57
Aplicarei mais profundamente na empresa onde fiz o trabalho, com variáveis exatas, levando os resultados a gestora da empresa.
Também aplicarei quando achar necessário para outras situações.
Aluno 58

Quadro 12 – Relação do aluno com a empresa da qual abstraiu a situação-problema

Aluno	Trabalhou ou trabalha na empresa	Relação de amizade com o dono	Propriedade da família ou do aluno
Aluno 1	X		
Aluno 2			X
Aluno 3	X		
Aluno 4	X		
Aluno 5	X		
Aluno 6	X		
Aluno 7	X		
Aluno 8	X	X	
Aluno 9	X		
Aluno 10	X		
Aluno 11	X		
Aluno 12	X		
Aluno 13			X
Aluno 14			X
Aluno 15			X
Aluno 16			X
Aluno 17			X
Aluno 18	X		
Aluno 19			X
Aluno 20	X		X
Aluno 21	X		
Aluno 22			X
Aluno 23	X		
Aluno 24	X		
Aluno 25	X		
Aluno 26	X		
Aluno 27		X	
Aluno 28	X		
Aluno 29	X		
Aluno 30			X
Aluno 31	X		
Aluno 32	X		
Aluno 33			X
Aluno 34	X		
Aluno 35	X		
Aluno 36			X
Aluno 37	X		
Aluno 38	X		
Aluno 39	X		
Aluno 40	X		
Aluno 41	X		
Aluno 42	X		
Aluno 43		X	
Aluno 44	X		
Aluno 45	X		
Aluno 46	X		
Aluno 47			X
Aluno 48		X	
Aluno 49	X		
Aluno 50	X		

Aluno	Trabalhou ou trabalha na empresa	Relação de amizade com o dono	Propriedade da família ou do aluno
Aluno 51	X		
Aluno 52	X		X
Aluno 53	X		
Aluno 54			X
Aluno 55	X		
Aluno 56	X		
Aluno 57	X		
Aluno 58	X		X
Percentuais	72%	7%	28%

Fonte: Elaborado pela autora

ANEXO XI – PLANO DE GESTÃO

Quadro 13 – Relação de alunos que apresentou um plano de gestão

Aluno	**O trabalho apresenta plano de gestão?**
Aluno 1	Sim
Aluno 2	Sim
Aluno 3	Sim
Aluno 4	Não
Aluno 5	Não
Aluno 6	Não
Aluno 7	Sim
Aluno 8	Não
Aluno 9	Sim
Aluno 10	Sim
Aluno 11	Sim
Aluno 12	Sim
Aluno 13	Não
Aluno 14	Sim
Aluno 15	Sim
Aluno 16	Sim
Aluno 17	Sim
Aluno 18	Não
Aluno 19	Sim
Aluno 20	Sim
Aluno 21	Sim
Aluno 22	Sim
Aluno 23	Sim
Aluno 24	Não
Aluno 25	Não
Aluno 26	Sim
Aluno 27	Sim
Aluno 28	Não
Aluno 29	Não
Aluno 30	Não
Aluno 31	Não
Aluno 32	Não
Aluno 33	Sim
Aluno 34	Não
Aluno 35	Não
Aluno 36	Não
Aluno 37	Não
Aluno 38	Sim
Aluno 39	Sim
Aluno 40	Não
Aluno 41	Não
Aluno 42	Sim
Aluno 43	Sim

Aluno	O trabalho apresenta plano de gestão?
Aluno 44	Não
Aluno 45	Sim
Aluno 46	Sim
Aluno 47	Não
Aluno 48	Sim
Aluno 49	Não
Aluno 50	Sim
Aluno 51	Sim
Aluno 52	Não
Aluno 53	Não
Aluno 54	Sim
Aluno 55	Sim
Aluno 56	Sim
Aluno 57	Sim
Aluno 58	Sim

Fonte: Elaborada pela autora