

ENSINO EM PESQUISA OPERACIONAL: UMA COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO DE ALUNOS DE CURSOS DE GRADUAÇÃO

Marcelo Battesini,¹ Andreas Dittmar Weise,² Leoni Pentiado Godoy³

RESUMO

A Pesquisa Operacional é uma importante área de conhecimento ministrada em diversos cursos de graduação. O extenso uso de modelagem matemática, de álgebra matricial e raciocínio lógico constitui barreira ao desempenho de alunos dos diferentes cursos, que parecem perceber esses conteúdos de forma distinta. O objetivo do artigo é comparar o desempenho na disciplina de Pesquisa Operacional em três cursos de graduação da mesma instituição de ensino superior. O estudo tem natureza explicativa e descritiva, baseada em uma pesquisa de campo realizada entre fevereiro e julho de 2011, em cursos de graduação de Administração, Estatística e Engenharia Mecânica, de uma instituição federal de ensino superior. A investigação envolveu uma análise descritiva de dados e a análise de variância (ANOVA), utilizando as avaliações realizadas no decorrer da disciplina como variáveis de resposta, em relação aos fatores curso, sexo e frequência. Os resultados obtidos indicaram: que os cursos de Engenharia Mecânica e Estatística apresentaram desempenho significativamente superior (p -valor=0,0502) em relação aos alunos de Administração; que não houve diferença significativa de desempenho entre sexos; a necessidade de controle de frequência pelos professores, que se apresentou como um fator qualificador, ao provocar a reprovação de alunos. A pesquisa aponta que as especificidades dos alunos dos cursos investigados demandam a adoção de abordagens diferenciadas por parte dos educadores no ensino de Pesquisa Operacional, com atenção especial à revisão de álgebra matricial, ao ritmo utilizado na apresentação do conteúdo e ao incentivo no desenvolvimento do raciocínio lógico.

Palavras-chave: Pesquisa Operacional; ensino; avaliação de alunos.

TEACHING OPERATIONS RESEARCH: A COMPARISON OF STUDENTS PERFORMANCE IN UNDERGRADUATE COURSES

ABSTRACT

Operations Research is an important area of knowledge taught in many undergraduate courses. The extensive use of mathematical modeling, matrix algebra and logical reasoning are barriers to the students' performance that seem to be perceived differently by students of different courses. The aim of this paper is to compare the performance in the discipline of Operations Research in three undergraduate courses in the same Higher Education Institution. The study is descriptive and explanatory nature based on field research conducted between February and July 2011 in undergraduate courses in Management, Statistics and Mechanics Engineering in the same Federal Institution of Higher Education. The research involved a descriptive analysis of data and analysis of variance (ANOVA) using the evaluations in the discipline as response variables in relation to the ongoing factors course, gender and frequency. The results indicated that

¹ Professor Doutor em Engenharia de Produção. Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Maria; marcelo-battesini@ufsm.br

² Professor Doutor em Engenharia Civil. Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Maria; mail@adweise.de

³ Professora Doutora em Engenharia de Produção. Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Maria; leoni@smail.ufsm.br

the courses of Mechanical Engineering and Statistics showed significantly higher performance (p -value=0.0502) compared to students of Management; that there was no significant difference in performance between genders; the need for frequency control by teachers, which was introduced as a qualifying factor that would cause the failure of students. The research pointed out that the specificities of the students from the courses investigated require the adoption of different approaches by educators in teaching Operations Research, with special attention to the reviewing of matrix algebra, to the rate used in the presentation of content and to the encouraging in the development of logical reasoning.

Keywords: Operations Research; Teaching; Students Assessment.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de uma nação está diretamente ligado ao seu sistema de educação. Weise e Trierweiler (2010) e Zannin e Zwirtes (2009) esclareceram que a educação é fundamentalmente importante para todas as sociedades, sendo a comunicação entre o professor e o aluno imprescindível para o processo de aprendizagem. Weise *et al.* (2009) já constataram que, em países como a Coreia do Sul, houve uma grande evolução tecnológica, justamente pelo investimento na educação e nas engenharias.

As opiniões sobre a necessidade do ensino de Pesquisa Operacional (PO) na engenharia, administração e estatística são diversificadas, por configurarem conhecimentos específicos associados às ciências matemáticas. Quando se considera o ensino em engenharia, é maior a compreensão da necessidade de aplicação de modelos matemáticos, comumente utilizados em PO.

Para Batalha *et al.* (2008), pessoas, materiais, informações, equipamentos e energia são recursos utilizados nos sistemas de produção, sendo que cada um desses sistemas tem uma determinada configuração de recursos. Os autores citados mostram que, esses recursos são constantemente utilizados nos processos produtivos das empresas de transformação, sendo que o principal papel da PO é trabalhar com restrições limitadas.

Para Ziquan (2009), o uso eficiente de recursos é muito importante para o desenvolvimento sustentável da sociedade. A discussão de estudos de casos pode facilitar aos alunos o domínio das teorias básicas e melhorar a sua

capacidade de análise e resolução de problemas. A exemplo, o autor apresenta discussões em que os alunos podem dominar os princípios da programação linear.

Segundo Caimei (2010), a importância do ensino de teoria básica, estudo de caso, experiência e prática extracurricular, mostra que a mistura do ensino teórico e prático favorece o desenvolvimento dos alunos, capacitando-os a identificar, analisar e resolver problemas. Em seu estudo, o autor afirma que a adoção da combinação teoria-prática melhora a iniciativa de aprendizagem do aluno e, também, a eficácia do ensino.

O ensino de PO não se resume à disponibilização de laboratórios bem equipados e salas de aula e corredores limpos, mas sim ao mostrar que a teoria do ensino aplicada aos processos resulta num aprendizado com qualidade.

De acordo com Morabito (2008), a PO tem sido chamada de ciência e tecnologia de decisão, na qual o componente científico está relacionado às ideias e processos para articular e modelar problemas de decisão.

Nesse contexto, a PO é uma disciplina científica de caráter multidisciplinar, com contribuições aos cursos de engenharia e também aos cursos de economia, estatística e administração, entre outros, sendo utilizada no planejamento e em operações logísticas, áreas em que apresenta aplicações de sucesso.

Conforme Morabito (2008), muitos exemplos práticos podem ser encontrados em periódicos, tanto em pequenas como em grandes organizações, assim como em *sites* institucionais, como o da Sociedade Brasileira de

Pesquisa Operacional (SOBRAPO) e o da Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO).

Este artigo tem como objetivo comparar o desempenho de alunos na disciplina de Pesquisa Operacional, em três diferentes cursos de graduação de uma mesma Instituição de Ensino Superior (IES).

METODOLOGIA

“A pesquisa é uma atividade voltada para a solução de problemas, através do emprego de processos científicos” (CERVO; BERVIAN. 2007, p. 50). Dessa forma, neste capítulo, serão apresentados os quesitos metodológicos utilizados, no estudo, para o alcance do objetivo proposto.

Este estudo classifica-se como explicativa e descritiva em relação à sua finalidade, e como pesquisa de campo, quanto aos meios utilizados (VERGARA, 2010). As características do estudo explicativo se evidenciam no esclarecimento de fatores que contribuem para a compreensão de um determinado fenômeno. Vergara (2010, p. 45) afirma que “a pesquisa descritiva expõe características de determinada população ou de determinado fenômeno”, sem o compromisso de explicá-lo, embora sirva de base para tal explicação. É também Vergara (2010) que afirma que a pesquisa de caso é realizada no local onde ocorre o fenômeno, com o objetivo de explicá-lo. O estudo de caso é caracterizado por uma análise particularizada e exaustiva de um objeto de pesquisa, de forma a ampliar o conhecimento referente ao elemento avaliado (GIL, 2010).

A adoção de uma abordagem teórico-prática no ensino de PO foi uniformizada com o desenvolvimento de um caderno didático e de *slides* únicos. Esse procedimento permitiu o alinhamento na abordagem de ensino, na determinação e na ordem de apresentação dos conteúdos, assim como das provas aplicadas. As disciplinas foram ofertadas nos cursos de graduação em Administração, Estatística e Engenharia Mecânica de uma Instituição Federal de Ensino Superior.

A investigação conduzida ocorreu no período entre fevereiro e julho de 2011, correspondendo ao primeiro semestre letivo do ano.

PESQUISA OPERACIONAL

A Pesquisa Operacional é um método científico de tomada de decisão, que surgiu durante a Segunda Guerra Mundial. Para Shamblin e Stevens Jr. (1979), o termo foi usado para descrever um método nascido de grupos interdisciplinares de cientistas que pretendiam resolver problemas estratégicos e táticos de administração militar.

Definição

Goldbarg e Luna (2005) definem a Pesquisa Operacional como: modelos estruturados de forma lógica e amparados no ferramental matemático de representação, objetivando claramente a determinação das melhores condições de funcionamento para os sistemas representados. Eles salientam, ainda, que os principais modelos de PO são denominados de programação matemática e constituem uma das mais importantes variedades dos modelos quantitativos. Portanto, pode-se dizer que o campo de PO é abrangente e suas técnicas são de grande utilidade para a otimização de problemas como também para auxílio no processo de tomadas de decisão.

Para Moreira (2007), os modelos da Pesquisa Operacional visam a auxiliar na seleção da melhor maneira de aproveitar, nas organizações de produção, os recursos limitados existentes. De acordo com Wilde e Beightler (1967), a PO destaca-se, principalmente, devido à grande aplicabilidade encontrada na solução de problemas de otimização, agrupando as mais diversas técnicas e algoritmos que tentam estruturar e solucionar modelos quantitativos.

A Associação Brasileira de Engenharia de Produção – ABEPRO (2011) caracteriza como uma área de conhecimento a Pesquisa Operacional, com as seguintes subáreas:

- modelagem, simulação e otimização;
- programação matemática;
- processos decisórios;
- processos estocásticos;

- teoria dos jogos;
- análise de demanda; e
- inteligência computacional.

Nas palavras de Goldbarg e Luna (2005), os principais modelos de PO são denominados de programação, de acordo com as técnicas utilizadas para a resolução de modelos matemáticos. Os mesmos autores definem os modelos em: problemas lineares, sendo que as variáveis são contínuas e apresentam comportamento linear; problemas inteiros, se existir alguma variável condicionada a assumir valores discretos; problemas não-lineares, quando exibem qualquer tipo de não-linearidade.

Para Lachtermacher (2009), define-se Programação Linear (PL) como o planejamento de atividades para melhor distribuição dos recursos para se obter um resultado ótimo. Para ele, um problema de PL é um problema de programação matemática em que as funções-objetivo e de restrições são lineares. O mesmo autor afirma também que a PL busca maximizar ou minimizar uma quantidade (lucro, custo, receita, número de produtos, entre outros), chamada de objetivo, que depende de um ou mais recursos escassos.

Além da PL, os modelos de redes utilizados no planejamento e programação de projetos são foco de estudo em PO, na busca de determinar o menor tempo possível de execução do projeto, ou seja, minimizar o tempo de execução.

Fitzsimmons e Fitzsimmons (2005) consideram dois métodos; o primeiro, o Método do Caminho Crítico – CPM (*Critical Path Method*), é uma abordagem usada para determinar as datas de início e de conclusão de atividades individuais em um projeto. Um resultado do CPM é a identificação de um caminho crítico. O segundo método, o Programa de Avaliação e Revisão Técnica – PERT, (*Program Evaluation and Review Technique*), é um método probabilístico, diferenciando-se do CPM, que é um método determinístico (FITZSIMMONS; FITZSIMMONS, 2005; MAYER, 1988; BOITEUX, 1985).

Quanto à definição de CPM e PERT, segundo Gaither e Frazier (2002), as organiza-

ções baseadas em projetos são uma nova forma de organização do trabalho, com vistas a garantir a continuidade do sistema de produção e a conclusão bem sucedida de projetos. Mas, Fitzsimmons e Fitzsimmons (2005) apresentam outra definição em relação à alocação de recursos direcionados a um objetivo específico, seguindo uma abordagem planejada e organizada.

No Guia PMBOK (Project Management Institute, 2004) o gerenciamento de projetos é realizado através da aplicação e integração dos processos de iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle e encerramento. As técnicas CPM e PERT são utilizadas no gerenciamento de tempo do projeto, sendo suas atividades representadas como diagramas de precedência.

Considerando a natureza multidisciplinar da PO, dada a sua abrangência, essa disciplina deve dar ao estudante uma visão de modelagem, solução e análise de problemas decisórios.

Importância

Com base nas subáreas da Pesquisa Operacional, percebe-se sua grande importância para a Engenharia de Produção, notadamente pelo grande potencial de análise e otimização de processos, entre outros benefícios. Dentro PO, a Programação Linear, que está na análise de chão de fábrica, em que as decisões nas organizações devem ser tomadas pela análise de dados e fatos. A PL é uma técnica que tem um papel de destaque no gerenciamento dos recursos (entradas), possibilitando uma ação eficaz na distribuição dos recursos no processo de concepção de um produto ou serviço. Assim, principalmente em empresas de grande porte, ela recebe atenção maior; de acordo com Lachtermacher (2009), é a técnica que permite a modelagem das inter-relações entre variáveis que dificilmente seriam visíveis de forma intuitiva. Considerando que a tomada de decisão é um tema de grande importância no mundo atual, pode-se dizer que a PL é um modelo adequado para a escolha da melhor decisão.

Dessa forma, a programação matemática da PL constitui-se em uma das mais importantes variedades dos modelos quantitativos. Goldbarg e Luna (2005) explicam que a PL é um caso particular dos modelos de programação, em que as variáveis são contínuas e apresentam comportamento linear, tanto em relação às restrições quanto à função objetivo. Sobre o tema, sendo a literatura particularmente rica, cabe citar, entre os autores brasileiros, Moreira (2007); Arenales *et al.*, 2007; Caixeta-Filho (2004); Lachtermacher (2009); Moreira (2011); Boaventura e Jurkiewicz (2009), e Goldbarg e Luna, (2005).

No gerenciamento de projetos vultuosos, que consistem de um grande número de atividades, deve-se considerar também o surgimento de problemas complexos no planejamento, coordenação e controle dessas atividades, principalmente em projetos que exigem tarefas executadas em sequência tecnológica específica. Nesse campo, a importância do CPM e do PERT pode ser constatada pela sua inserção em pacotes computacionais desenvolvidos para a gerência de projetos, entre eles: *Microsoft Project*, *MacProject*, *Pert Chart Expert* e *PowerProject* (GAITHER; FRAZIER, 2002).

PLANO DE ENSINO

Os procedimentos didáticos do professor incluem a apresentação expositiva dos conceitos teóricos, modelagem e realização de exercícios em sala de aula e utilização de programas computacionais relacionados aos assuntos abordados teoricamente durante o semestre. A metodologia é estruturada em relação ao tratamento de problemas e um conjunto de algoritmos específicos, na programação linear, para resolver problemas para a tomada de decisões. Ao final da disciplina, o aluno deve ser capaz de resolver problemas e aplicar um modelo linear, obtendo sua solução através de desenvolvimento manual, quando o problema apresentar poucas variáveis, e saber utilizar pacotes computacionais que resolvam os problemas de programação linear, quando estes forem complexos.

A disciplina de Pesquisa Operacional tem carga horária de 60 horas/aula no semestre, sendo previstos trinta encontros de duas horas, dois por semana. O processo de ensino e aprendizagem foi baseado numa metodologia ativa, em que o aluno participa da análise e solução de problemas.

O desempenho dos alunos é aferido pelas notas obtidas em duas avaliações (provas P1 e P2), com igual peso na composição da avaliação $[A=(P1+P2)/2]$, constituída pelos resultados das duas provas. O aluno é considerado aprovado na disciplina quando atingir desempenho igual ou superior a sete na avaliação (A). Caso os alunos apresentem desempenho inferior a sete, poderão realizar um Exame (E) cujo resultado comporá o cálculo da Média Final $[Af=(A+E)/2]$, que deverá ser igual ou superior a cinco, para que o aluno seja considerado aprovado na disciplina. Alunos com presença inferior a 75% são automaticamente reprovados na disciplina.

No Quadro 1, é apresentado um resumo do programa adotado na disciplina Pesquisa Operacional utilizado nos cursos investigados.

Quadro 1 – Programação da Disciplina.

<ul style="list-style-type: none"> • Introdução à Pesquisa Operacional Caracterização da Pesquisa Operacional Pesquisa Operacional e o Processo Decisório Metodologia da PO • Programação Linear • Introdução à Programação Linear Solução Gráfica Solução Algébrica Solução Matricial Solução pelo Método Algébrico Simplex Solução em planilha eletrônica Problemas Típicos de Programação Linear
<ul style="list-style-type: none"> • Modelos de Transportes
<ul style="list-style-type: none"> • Modelos de Designação
<ul style="list-style-type: none"> • Projetos CPM e PERT Modelagem e Representação de redes Método do Caminho Crítico Técnica de Avaliação e Revisão de Programa

O Quadro 1 demonstra o foco da disciplina nas subáreas de Programação Linear e CPM/PERT. O conteúdo detalhado, tanto da

PL como de projetos CPM e PERT, é ministrado nos três cursos em estudo. A disciplina Pesquisa Operacional pertence ao Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas – DPS.

DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE MULTICASO

A disciplina de PO é obrigatória nos três cursos investigados, sendo ministrada pelo Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da universidade, apesar de possuírem denominações e códigos diferentes nos currículos dos cursos:

- DPS1000 – Pesquisa Operacional, no curso de Administração;
- DPS1004 – Pesquisa Operacional I, no curso de Engenharia Mecânica; e
- DPS1004 – Pesquisa Operacional I, no curso de Estatística.

Dois professores ministraram as três disciplinas, utilizando o mesmo material de apoio (apostila e lâminas) e plano de ensino, sendo um responsável pela turma de Engenharia Me-

cânica e outro pelas turmas de Administração e Estatística. Além disso, as questões das provas foram as mesmas para os três cursos.

Apesar do esforço em uniformizar as condições de ensino entre os cursos, alguns fatores não se mantiveram constantes. A turma de Engenharia teve aula no período diurno, enquanto as turmas da Administração e de Estatística tiveram aulas no período noturno. As turmas de Engenharia e Administração eram compostas por um número similar de alunos, 38 e 46, respectivamente, enquanto a turma de Estatística era composta por apenas 11 alunos.

A turma de Estatística foi a única que teve acesso a computador com planilha eletrônica e *software* Solver em todas as aulas.

A seguir, as três turmas são caracterizadas, a partir da quantidade de alunos, da sua frequência e de seus desempenhos escolares.

Um aspecto interessante se refere ao número de alunos reprovados por frequência insuficiente (inferior a 75%), conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Total de alunos, aprovações e reprovações por curso.

	Total Alunos	Aprovados	Aprovados por Média	Alunos em Exame	Alunos reprovados em Exame	Reprovados por Faltas	Total Reprovados
ADM Noite	46	18	12	20	14	14	28
Eng. Mecânica	38	15	15	21	10	3	13
Estatística	11	7	6	4	3	1	4
Total	95	40	37	45	27	17	43

A Tabela 1 também demonstra que mais alunos foram aprovados por média no curso de Engenharia Mecânica, mas, em termos percentuais, o curso de Estatística tem mais alunos aprovados.

ANÁLISE DOS DADOS

Inicialmente, foi conduzida a análise em relação aos fatores investigados (frequência às aulas, curso e sexo), com base em estatística descritiva, visando a caracterizar as turmas. Nas análises a seguir, somente foram conside-

rados os alunos com frequência suficiente para aprovação na disciplina.

Tabela 2 – Frequências médias as aulas por curso para cada período de avaliação.

	Início até P1	Entre P1 e P2	Total
ADM Noite	85,4	93,8	89,6
Eng. Mecânica	81,6	86,6	83,8
Estatística	88,0	90,7	88,9
Total Geral	83,9	90,1	86,9

A Tabela 2 apresenta as frequências médias para os três cursos. Como pode ser observado, do primeiro período para o segun-

do (ou seja, de 83,9% para 90,1%), as frequências médias apresentam um ligeiro aumento (8,1%).

Tabela 3 – Médias das avaliações por curso e sexo.

	Sexo	P1	P2	E	Af
Administração	46	5,3	6,4	3,8	5,6
F	12	5,6	6,0	4,6	5,6
M	34	5,1	6,6	3,2	5,6
Eng. Mecânica	38	6,5	7,1	4,2	6,6
F	6	7,4	7,7	5,3	7,5
M	32	6,3	6,9	4,1	6,4
Estatística	11	6,1	7,2	3,2	6,8
F	8	5,9	7,4	3,4	7,1
M	3	6,5	6,8	2,8	6,3
Média Geral	-	5,9	6,8	4,0	6,2

A Tabela 3 apresenta as médias das notas para cada avaliação (P1, P2, E e Af), por curso e sexo do aluno. Percebe-se que, no curso de Estatística, existe a predominância de alunas, enquanto nos outros dois cursos a quantidade de alunas é expressivamente inferior ao número de alunos. Observa-se, também, que houve um incremento na média das

notas da avaliação P2 em relação à avaliação P1.

A evolução das médias nas avaliações, ao longo da disciplina, é melhor visualizada quando representada em um gráfico de linhas (ver Figura 1). As turmas de Engenharia Mecânica e Estatística, em média, se apresentaram acima da média geral nas avaliações P1, P2 e Af, enquanto a turma de Administração apresentou média abaixo. Esse comportamento não se verificou em relação ao E, no qual os alunos da Estatística tiveram avaliação média inferior àquela da turma da Administração.

Ao analisar as retas dos três cursos, para as diferentes avaliações, observa-se um comportamento repetitivo, em que os alunos do curso de Administração apresentam um desempenho abaixo daquele dos cursos de Engenharia Mecânica e de Estatística; exceção ocorre em relação à média das notas no Exame dos alunos do curso de Estatística (3,8), conforme Figura 1.

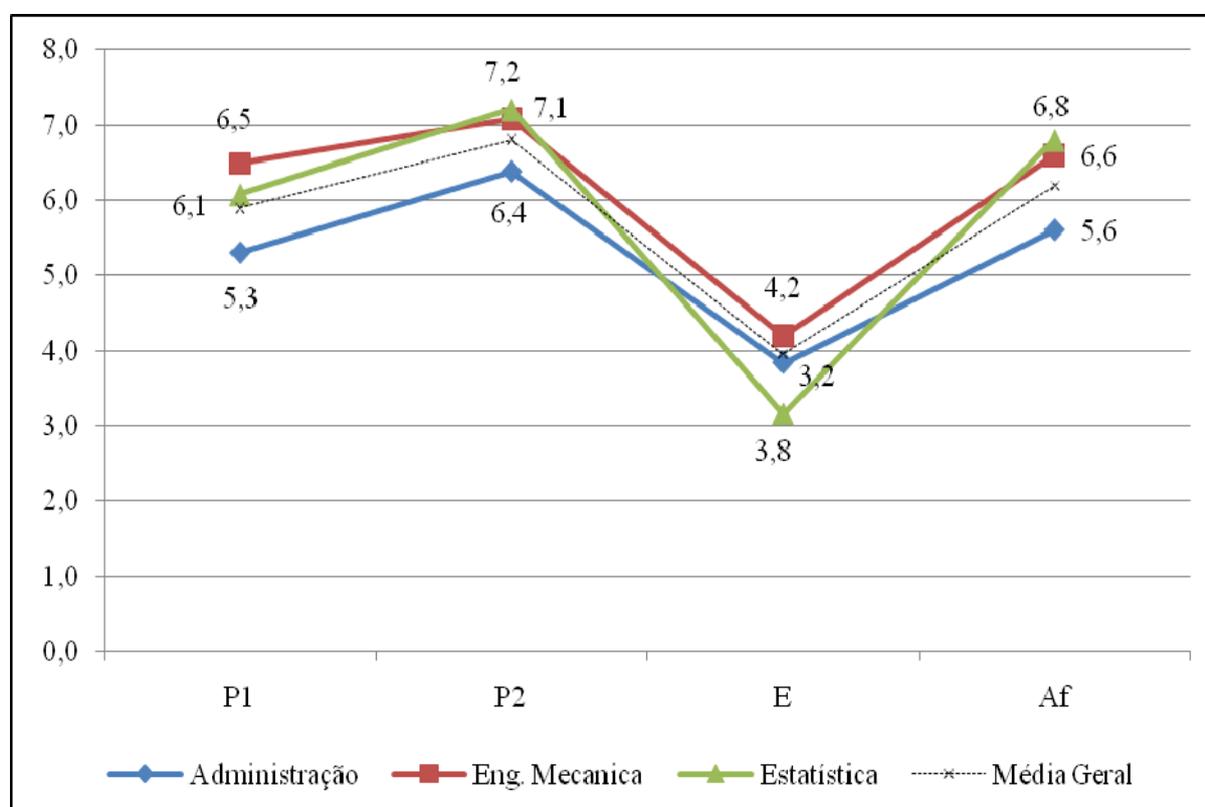


Figura 1 – Médias das notas por curso e sexo para cada avaliação.

A análise descritiva auxilia a compreensão da influência dos fatores investigados, porém, não permite a identificação de diferenças estatisticamente significativas. A investigação dessas diferenças foi conduzida a partir da análise de variância (ANOVA) para cada uma das avaliações, P1, P2 e Af (utilizadas como variáveis de resposta), em relação aos fatores curso (Administração, Engenharia Mecânica e Estatística), sexo (M e F) e frequência (67,5%; 82,5%; e 95%, com níveis médios categorizados, respectivamente, para as frequências entre 55% e 74,99%; 75 e 89,99%; e 90% e acima).

A Tabela 4 consolida a análise da significância (p-valor) dos fatores analisados em relação às avaliações P1, P2 e Af, bem como os Coeficientes de Determinação (R^2) dos modelos (MONTGOMERY, 2004). Não foi estudada a significância em relação ao Exame, por apresentar um número de observações insuficiente.

O fator sexo não se mostrou significativo, indicando que as notas de homens e mulheres não diferem entre si em nenhuma avaliação. Já o fator curso se apresentou significativo para as avaliações P1 (p-valor=0,063) e Af (p-valor=0,038), enquanto a frequência se apresentou significativa na avaliação P2 (p-valor=0,078), considerando um p-valor limite de 0,1 (Tabela 4).

Os valores de R^2 indicam que os modelos foram capazes de explicar aproximadamente 10% da variância presente nos dados. A variância explicada pelo modelo indica a necessidade de investigar outros fatores para explicar o desempenho dos alunos, mas também enfatiza a importância dos fatores investigados, que, mesmo assim, se apresentaram significativos.

Tabela 4 – Significância dos fatores e Coeficiente de Determinação para as avaliações P1, P2 e Af.

	P1	P2	Af
Curso	0,063	0,170	0,038
Frequência	0,450	0,078	0,198
R^2 (%)	10,48	8,85	10,07

Os fatores que se mostraram significativos (curso e frequência) foram então analisa-

dos com base em uma comparação múltipla entre médias, graficamente apresentadas, respectivamente, nas figuras 2 e 3.

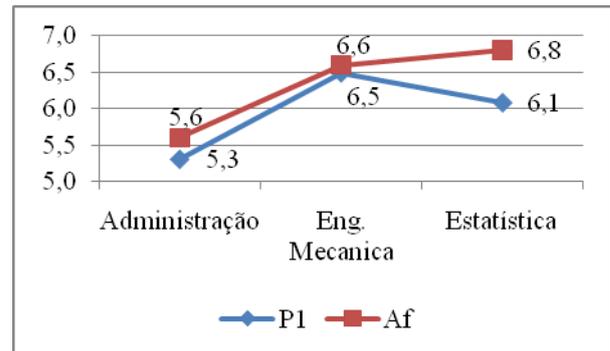


Figura 2 – Médias das notas P1 e Af, por curso.

Em relação ao fator curso (Figura 2), na avaliação P1, as médias das notas obtidas pelos alunos de Engenharia Mecânica (6,5) e Estatística (6,1) não diferem entre si, enquanto a média das notas dos alunos da Administração (5,3) difere significativamente (p-valor=0,0502; método de Tukey) daquela do curso de Engenharia Mecânica. Uma situação similar ocorreu em relação à avaliação Af, na qual a média das notas dos alunos da Engenharia Mecânica (6,6) difere significativamente (p-valor=0,0403; método de Tukey) da média das notas dos alunos da Administração (5,3), sem diferir da média dos alunos da Estatística (6,1).

Em relação ao fator frequência (ver Figura 3), na avaliação P2, as médias das notas obtidas pelos alunos com frequência 95% (7,5) difere significativamente (p-valor=0,0787; método de Tukey) daquelas das médias de frequência de até 67,5% e de 82,5%.

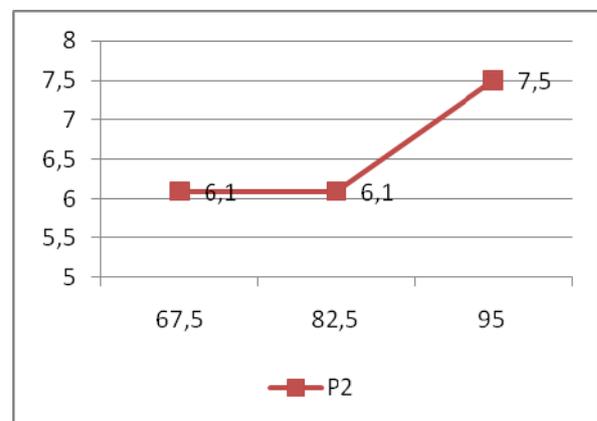


Figura 3 – Médias das notas P2, para frequências.

INTERPRETAÇÃO

A interpretação foi organizada na ordem cronológica das avaliações, acompanhando a sequência de desenvolvimento dos alunos na disciplina.

Na avaliação P1, em que são avaliados conhecimentos apreendidos em relação à programação linear e o método simplex, conteúdo considerado mais difícil pelos alunos, os cursos de Engenharia Mecânica e Estatística apresentaram desempenho significativamente superior aos alunos da Administração. Esse resultado pode estar relacionado a uma melhor base de conceitos matemáticos dos alunos de Engenharia e Estatística ou também a um maior esforço de estudo derivado de uma alta prioridade atribuída pelos alunos desses cursos. Destaca-se o fato de a frequência não se apresentar significativa na avaliação P1.

Na avaliação P2, em que são avaliados conhecimentos apreendidos em relação a problemas de transporte, de designação e aos modelos de redes CPM/PERT, não houve diferença significativa entre os cursos. Já os alunos com frequência igual ou superior a 95% apresentaram notas significativamente superiores aos demais. Esse melhor desempenho pode ter ocorrido pelo fato de os alunos considerarem esses conteúdos mais fáceis, concomitantemente a um provável maior esforço de estudo empreendido pelos estudantes, na tentativa de compensar as baixas avaliações da P1, expresso também por uma maior frequência as aulas.

Na Af, os cursos de Engenharia Mecânica e de Estatística apresentaram desempenho significativamente superior aos alunos de Administração, diferença que reflete o desempenho global dos alunos, na disciplina, ao longo do semestre.

É importante, ainda, destacar que os fatores turno, material de apoio e professor, condicionantes do desenho de pesquisa, não se apresentaram confundidos com os resultados. O turno parece não ser capaz de explicar o desempenho dos alunos, dado os cursos de Administração e de Estatística ocorrerem à noite. Como todos os alunos utilizaram o

mesmo caderno didático e as questões das provas foram idênticas para os três cursos, os alunos dos três cursos foram expostos a condições similares para a aferição de seu desempenho. Além desses, o fator professor não explica a diferença de desempenho, uma vez que os alunos do curso de Estatística e de Administração tiveram aula com o mesmo professor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Pesquisa Operacional é uma área de conhecimento importante na Engenharia de Produção e, ainda, em outros campos de conhecimento, como Administração e Estatística. As especificidades desses cursos demandam a compreensão de fatores que interferem no desempenho dos alunos, de modo a permitir o reconhecimento da necessidade de abordagens diferenciadas por parte dos educadores no ensino de PO.

A análise conduzida não identificou diferença de desempenho por sexo, mesmo com a predominância de alunas no curso de Estatística, indicando não ser necessária a adoção de estratégias diferenciadas para turmas com predominância de um dos sexos.

Por outro lado, a análise demonstrou a necessidade de controle de frequência pelos professores, que se apresentou como um fator qualificador, ao provocar a reprovação de alunos. A frequência dos alunos do início até a primeira prova (P1) é menor do que desta até a segunda prova (P2), apresentando um aumento médio de 8,1%. A importância da frequência dos alunos às aulas foi corroborada pela significância na avaliação P2 ($p\text{-valor}=0,078$), cuja análise não incluiu alunos com frequência insuficiente para aprovação.

O fator curso parece ter um índice significativo para as avaliações P1 ($p\text{-valor} = 0,063$) e a Af ($p\text{-valor} = 0,038$). A maior dificuldade dos alunos do curso de Administração suscita a necessidade de se adotar uma abordagem de ensino diferenciada para a disciplina de PO, com atenção especial à revisão de álgebra matricial, ao ritmo utilizado na apresentação do conteúdo e ao incentivo no desenvolvimento do raciocínio lógico.

Finalmente, cabe destacar a necessidade de mais estudos, nos quais fossem investigados outros fatores e ampliada a amostra, favorecendo a compreensão em relação à diferença entre desempenhos identificada neste artigo.

REFERÊNCIAS

- ARENALES, M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H. **Pesquisa Operacional para cursos de Engenharia**. Rio de Janeiro: Campus, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. REFERÊNCIAS DE CONTEÚDOS DA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/arquivos/websites/1/%C3%81reas%20da%20Engenharia%20de%20Produ%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2011.
- BATALHA *et al.* **Introdução à Engenharia de Produção**. 4. reimp. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- BOAVENTURA NETTO, P. O.; JURKIEWICZ, S. **GRAFOS: Introdução e prática**. São Paulo: Edgard Blucher, 2009.
- BOITEUX, C. D. **PERT/CPM/ROY e outras técnicas de programação e controle**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1985.
- CAIMEI, H. **Study on the teaching reform of operations research course in economic and management majors**. International Conference on Optics, Photonics and Energy Engineering. Wuhan, China, 2010.
- CAIXETA-FILHO, José V. **Pesquisa Operacional: técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2004.
- CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica: para uso dos estudantes universitários**. 6. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2007.
- FITZSIMMONS, J. A.; FITZSIMMONS, M. J. **Administração de serviços: operações, estratégia e tecnologia de informação**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Thompson Pioneira, 2002.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. L. **Otimização combinatória e programação linear**. Rio de Janeiro: Campus, 2005.
- MAYER, R. R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1988.
- MONTGOMERY, D.C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. Rio de Janeiro: LTC, 2004.
- MORABITO, R. Pesquisa Operacional. In: BATALHA, M. O. **Introdução à Engenharia de Produção**. 4. reimp. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. p. 157-182.
- MOREIRA, D. A. **Pesquisa Operacional: curso introdutório**. São Paulo: Tompson Learning, 2007.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)**. 3. ed. Newtown Square: Project Management Institute, 2004.
- SHAMBLIN, J. E.; STEVENS JR., G. T. **Pesquisa Operacional: uma abordagem básica**. São Paulo: Atlas, 1979.
- VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 12. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- WEISE, A. D.; TRIERWEILLER, A. C.; AZEVEDO, B. M. de; PEREIRA, V. L. D. V.; OH, S. Engenharia de Produção: um recorte do ensino na Alemanha, Brasil e Coréia do Sul. In: XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2009. **Anais...** Salvador. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2009. p. 1-15.
- WEISE, A. D.; TRIERWEILLER, A. C. Comparação do ensino de Engenharia de Produção no Brasil e na Alemanha. **Revista de Ensino em Engenharia**. v. 29, n. 1, p. 29-39, 2010.
- WILDE, D. J.; BEIGHTLER; C. S. **Foundations of optimization**. Englewood Cliffs, N. J., USA: Prentice Hall, 1967.
- ZANNIN, P. H. T.; ZWIRTES, D. P. Z. Evaluation of the acoustic performance of classrooms in public schools. **Applied Acoustics**. v. 70, p. 626-635, 2009.
- ZIQUAN, L. **On case teaching of operations research**. First International Workshop on Education Technology and Computer Science. IEEE Computer Society, 2009.

DADOS DOS AUTORES



Marcelo Battesini. Possui graduação em Engenharia Civil, pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS, 1986), mestrado em Engenharia de Produção, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGEP/UFRGS, 2002) e doutorado em Engenharia de Produção, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGEP/UFRGS, 2008). Atualmente, é Professor Adjunto do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM-RS).



Andreas Dittmar Weise. É graduado (1999) e mestre (2005) em Wirtschaftsingenieurwesen (engenheiro de produção) pela Universität Leipzig – Alemanha; doutor (2009) em Engenharia Civil, pela Universidade Federal de Santa Catarina. É Professor Adjunto no Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Maria. Possui experiência na área da engenharia econômica, com ênfase em gestão imobiliária, atuando principalmente nos campos de especulação imobiliária, ensino em Engenharia de Produção, gestão de facilidades e gestão empresarial. Mais recentemente, publicou os livros *Die Optimierung von Modernisierungs- und Sanierungsmöglichkeiten bei Wohnimmobilien* (Possibilidades de otimização de reformas e saneamento de imóveis residenciais) e *Kooperationsformen im Facility Management* (Tipos de cooperação na gestão de facilidades).



Leoni Pentiado Godoy. Possui graduação em Administração de Empresas, pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestrado e doutorado em Engenharia de Produção, pela Universidade Federal de Santa Maria. Professora Associada III da Universidade Federal de Santa Maria, Coordenadora Substituta do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Atualmente, presidente da Comissão de Pesquisa do Centro de Tecnologia – desde abril de 2009. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Sistemas de Gestão da Qualidade e Processo. Professora da disciplina pesquisa operacional desde 1984.