



## A PRÁTICA DE ENSINO NA DISCIPLINA DE MECÂNICA DOS SÓLIDOS I DO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA DA PUC MINAS

**Ernani Sales Palma** – palma@pucminas.br  
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – PUC Minas  
Instituto Politécnico (IPUC) – Engenharia Mecânica e Mecatrônica  
Av. Dom José Gaspar, 500 - Coração Eucarístico  
30535-610 - Belo Horizonte - MG

***Resumo** - Mecânica dos sólidos I é uma disciplina básica e obrigatória para o curso de Engenharia Mecânica da PUC Minas. O curso de engenharia Mecânica da PUC Minas é noturno. A grande maioria dos alunos trabalha durante o dia, e em consequência, têm pouco tempo para estudar. Esta disciplina é essencial ao curso e tem como objetivo oferecer os conhecimentos fundamentais sobre esforços atuantes em componentes mecânicos aos alunos. O índice de reprovação desta disciplina variava entre 40 e 50%, nos últimos 5 semestres. A importância desta disciplina para o curso exigiu que se fizesse uma profunda reflexão crítica de todo o processo de ensino desenvolvido, determinasse as causas e propusesse soluções. A nova metodologia utilizada e as suas consequências são apresentadas neste trabalho.*

*Palavras-chave: Metodologia, Ensino de Mecânica dos sólidos I, Participação ativa dos alunos, qualidade de ensino.*

### **1. Introdução**

Mecânica dos sólidos I é uma disciplina básica e obrigatória para o curso de Engenharia Mecânica da PUC Minas. Ela é essencial ao curso e tem como objetivo oferecer os conhecimentos fundamentais sobre esforços atuantes em componentes mecânicos aos alunos. Após cursar esta disciplina, os alunos deverão ser capazes de analisar e determinar os esforços atuantes provenientes de solicitações simples. Além disto, esta disciplina é de suma importância para toda a área de projetos mecânicos. Todo engenheiro que trabalha com dimensionamentos, análise de falhas e manutenção mecânica tem que dominar os conhecimentos aqui ministrados.

Considerando-se apenas os alunos que permaneceram até o final do curso, o índice de reprovação desta disciplina variou entre 40 e 50%, aproximadamente, nos últimos 5 semestres, como mostrado na Fig. 1. Apesar deste alto índice de reprovação, alguns professores de disciplinas que necessitam de Mecânica dos sólidos I como pré-requisito têm percebido que a maioria dos alunos aprovados não domina completamente os assuntos abordados. Ou seja, a qualidade do aprendizado não está sendo atingida nem mesmo nos alunos aprovados.

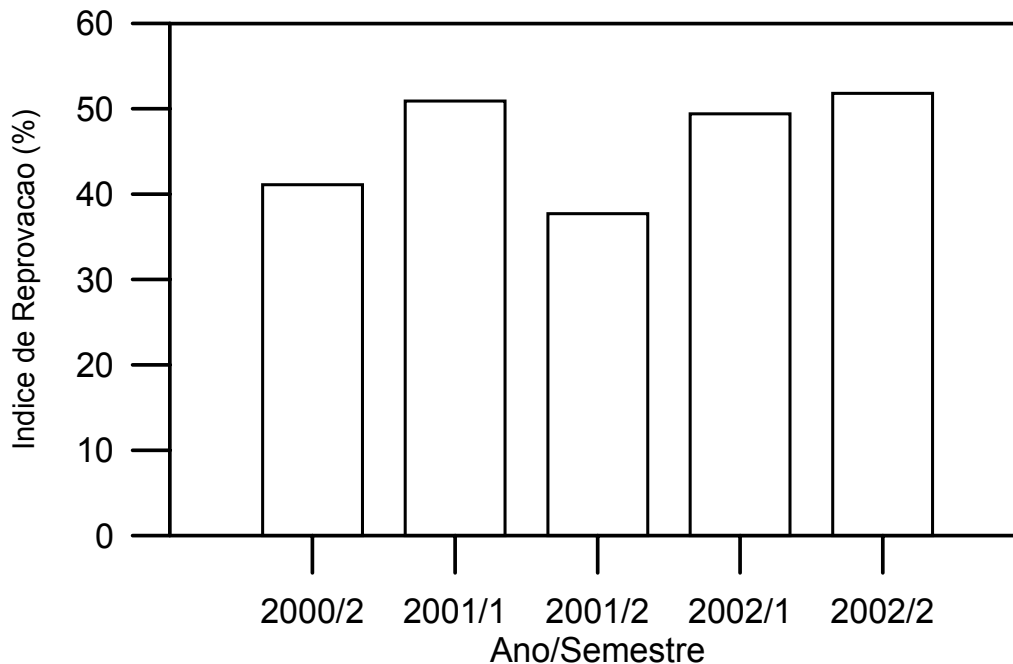


Fig. 1: Índice de Reprovação na disciplina Mecânica dos Sólidos I

Através desta análise pode-se concluir que os resultados quantitativos que vêm sendo obtido pelo professor e alunos nesta disciplina são ruins. Além disto, uma avaliação qualitativa através do acompanhamento informal dos alunos aprovados mostrou que eles não apresentaram resultados que justificassem a enorme reprovação verificada.

A importância desta disciplina para o curso exigiu que se fizesse uma profunda reflexão crítica de todo o processo de ensino desenvolvido, determinasse as causas e propusesse soluções.

## 2. Processo de ensino utilizado

No início do semestre letivo o programa contendo todo o conteúdo da disciplina é apresentado e detalhado pelo professor. Pretende-se com isto propiciar ao aluno uma visão geral do assunto e suas relações com outras disciplinas. Todas as informações sobre o livro texto estão contidas neste programa, inclusive os capítulos que serão efetivamente estudados. Além disto, é apresentado um cronograma de atividades onde todas as aulas e seus conteúdos são pré-fixados. Assim, o aluno sabe desde o início do semestre as atividades de cada aula e todas as datas previstas para os vários assuntos e provas. Este material (programa e cronograma) é distribuído aos alunos no início do semestre.

A importância do assunto, a sua utilização na rotina do engenheiro e sua relação com assuntos já vistos em outras disciplinas e em disciplinas futuras são mostradas aos alunos no início de cada semestre. Os fundamentos teóricos são sempre demonstrados pelo professor. Para demonstrar a aplicação, procura-se sempre resolver um ou mais exercícios propostos pelo livro texto. Posteriormente, uma lista de exercícios, selecionada pelo professor, é apresentada aos alunos. O tópico é finalizado com a realização de exercícios em sala. Estes exercícios são

resolvidos individualmente pelos alunos com orientação do professor. Coloca-se sempre de maneira enfática que os exercícios não devem ser copiados e que a simples entrega da folha com o exercício garante o recebimento dos pontos. Estes exercícios são corrigidos na própria aula pelo professor no quadro negro. Após um ou dois tópicos aplica-se uma prova teórica, individual e sem consulta. Finalmente, após um certo período é aplicada a prova principal, onde é cobrada a resolução de problemas. As questões das provas, na maioria das vezes, são copiadas dos exercícios propostos existentes no livro texto, sem nenhuma modificação. As provas são devolvidas aos alunos após a sua correção, onde todos os erros são indicados e discutidos em sala de aula.

As provas teóricas foram introduzidas com o objetivo de forçar os alunos a estudar a teoria que fundamenta os assuntos analisados. Percebeu-se que os alunos têm o hábito de resolver os exercícios sem conhecer a teoria. Tem-se uma cultura de ler somente as resoluções dos exercícios (do livro texto e aqueles resolvidos pelo professor) desprezando-se completamente a parte teórica. Isto foi comprovado através de conversas com alunos e se repete em todos os semestres. Apesar disso, os resultados obtidos foram péssimos, como pode se observar na Fig. 2. A média das notas das provas teóricas é inferior à média das provas de “exercícios numéricos”.

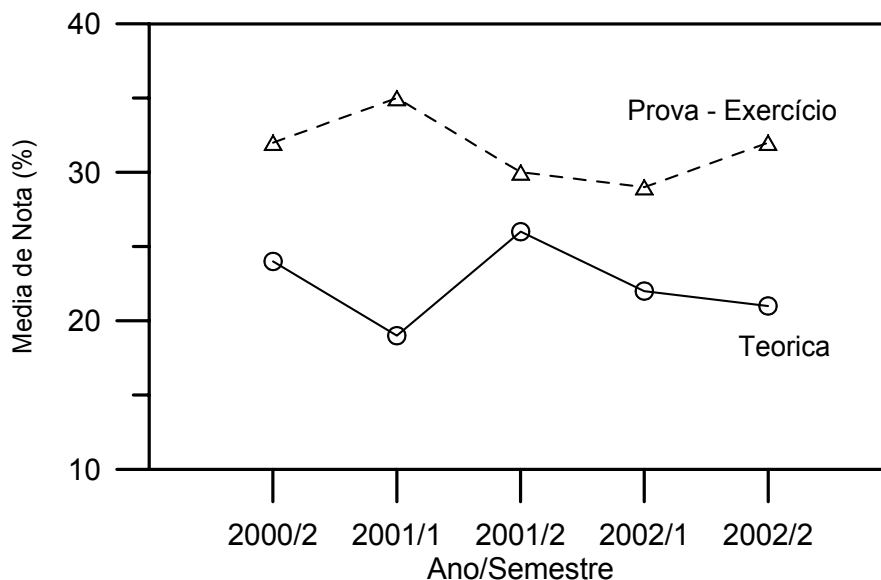


Fig. 2: Média de notas em provas teóricas e provas com exercícios

## 2.1 Análise do processo de ensino utilizado

Apesar do esforço realizado pelo professor, os resultados obtidos são insuficientes, tanto quantitativa quanto qualitativamente. Antes de se propor alterações no processo é fundamental analisá-lo profundamente, levando em consideração todos os atores envolvidos, o ambiente cultural e físico e suas inter-relações.

Os alunos do curso de Engenharia Mecânica trabalham o dia inteiro e assistem às aulas no período noturno, até as 22:30 horas. Além disso, eles se matriculam em um número elevado de disciplinas por semestre. Em consequência, o tempo disponível para estudar fora de sala de aula é exíguo. É humanamente impossível uma pessoa assistir 24 horas de aula, trabalhar 40 ou 44 horas por semana e aprender o conteúdo de 5 a 8 disciplinas. Este fato torna-se mais complicado



ainda no quinto período, pois existem várias disciplinas de conteúdo vasto e que exigem bastante esforço dos alunos.

Em função da exigüidade do tempo procura-se sempre o menor caminho, o jeito mais fácil de se “levar” o curso. Isto explica o fato dos alunos desprezarem a teoria e irem diretamente ao final, ou seja, à resolução de problemas. Eles tentam ganhar tempo sem perceberem que estão aprendendo a resolver problemas e não apreendendo o conteúdo.

As aulas puramente expositivas, onde o professor fala, explica, repete e esclarece são incompatíveis neste ambiente. Repete-se em sala de aula o mesmo hábito dos alunos: Resolve-se problemas! Mesmo quando uma teoria está sendo desenvolvida e/ou explicada, em última instância o professor está resolvendo o problema do aluno, entregando o conteúdo pronto, acabado. Várias vezes um assunto foi detalhadamente explicado em sala de aula e ao se cobrar em uma prova o resultado foi desastroso. Os alunos “entendem” a solução do problema naquele momento e pensam que aprenderam o conteúdo. O professor “pensa” que cumpriu a sua função e o processo do ensino termina aí. Mesmo quando o professor se disponibiliza a esclarecer dúvidas fora do horário de aulas, não há mudança neste processo. A procura dos alunos pelo esclarecimento de dúvidas nestes horários é praticamente nula. Duas razões contribuem para este fato: Em primeiro lugar, os alunos do curso de Engenharia Mecânica da PUC Minas não têm o hábito de procurar os professores fora do horário de aula. Como uma parcela grande dos professores do curso constitui-se de professores “aulistas”, eles só estão presentes na universidade nos horários em que estão efetivamente lecionando, o que inviabiliza o atendimento de alunos. Assim, não é comum o atendimento extra-classe. Este fato levou à criação de uma cultura de não procurar ajuda e observa-se uma grande resistência dos alunos em assumir tal procedimento.

Em segundo lugar, como eles têm o hábito de apenas estudarem os problemas resolvidos, as dúvidas não aparecem. As aulas expositivas e a enorme dedicação do professor resolvendo inúmeros problemas contribuem fortemente para isto. Como eles já sabem o que “estudaram”, não há razão para procurar os professores fora do horário de aula.

As condições ambientais e culturais também exercem influência neste processo. Um número elevado de alunos em sala inviabiliza o conhecimento mais profundo do comportamento individual de cada um por parte do professor. Como o grupo é numeroso, torna-se necessário uma postura mais formal do professor para que se consiga um mínimo de disciplina. Além disto, tem de ser considerados os aspectos culturais envolvidos. O ambiente “cultural interno” é talvez o mais importante. Os alunos matriculam-se em um número elevado de disciplinas para ver em quantas conseguem passar. Tornou-se hábito tentar passar na disciplina a qualquer preço e isto é refletido nas propostas que os alunos fazem (individualmente) ao professor. Já houve caso de um aluno não poder estar presente às aulas dos sábados em decorrência de compromissos profissionais. Estas aulas correspondiam a 50% do curso. Mesmo assim ele se matriculou e propôs ao professor que se fizesse “vista grossa” a este fato. Não existe uma cultura de que o fundamental é aprender o conteúdo e sim uma cultura de tentar formar o mais breve possível.

### **3. Proposta de uma nova metodologia de ensino**

Algumas soluções para os problemas levantados são de caráter institucional. Não é objetivo deste trabalho entrar em detalhes nestas soluções, mas não se pode simplesmente esquecê-las. As mais importantes são:



- Limite de número de disciplinas em que o aluno pode se matricular. Este limite seria estabelecido pelo rendimento obtido pelo aluno no semestre anterior. Alunos com rendimento alto poderiam se matricular em um número maior de disciplinas. Ao contrário, alunos com baixo rendimento teriam de reduzir o número de disciplinas a serem cursadas.
- Estabelecimento de horários vagos durante o período do curso para os alunos estudarem na própria universidade. Assim, os alunos teriam mais tempo disponível para realizar as tarefas extra-classe fora do seu ambiente de trabalho, em conjunto com os colegas e com possível orientação de monitores.
- Estabelecer um limite razoável de número de alunos por sala de aula. Paralelamente a isto, otimizar o espaço físico existente tornando-o mais confortável e agradável.

Apesar dos problemas citados anteriormente continuarem existindo, utilizou-se uma nova forma de ministrar esta disciplina e com isto obter um melhor rendimento. As aulas expositivas foram reduzidas ao mínimo possível e os alunos tornaram-se atores ativos no processo de aprendizagem.

A disciplina mecânica dos sólidos I é dividida em sete tópicos. A última parte consiste na análise de problemas e situações referentes aos assuntos dos seis tópicos anteriores. Este sétimo tópico funciona como uma conclusão do curso, propiciando uma visão global do mesmo. No início de cada tópico são apresentados pelo professor uma visão geral do assunto, suas inter-relações com os demais tópicos da disciplina e com outras disciplinas do curso e aplicações reais em engenharia. Baseando-se nesta apresentação geral, um roteiro do tópico (um sumário) é construído em conjunto com os alunos. Posteriormente, baseando-se neste roteiro pré-elaborado, os alunos elaboraram uma apostila que constitui na fonte de consulta (em conjunto com o livro texto) durante o resto do estudo do tópico. A elaboração desta apostila é cobrada na primeira semana de aula do tópico. Todas as demais aulas do tópico são usadas para resolução de problemas propostos no livro texto. Estes problemas são resolvidos em grupos de 2 ou 3 alunos, dependendo do número total de alunos.

A avaliação foi realizada através da participação do aluno na elaboração da apostila, nas atividades diárias e em uma prova ao final de cada tópico:

- A elaboração da apostila é uma condição fundamental para que o aluno tenha direito à possível recuperação ao fim do tópico. Cada apostila foi examinada pelo professor ao longo do tópico e se não estivesse adequada era devolvida ao aluno com recomendações de melhoria. Assim, o aluno tem condições de melhorar constantemente o material de consulta e simultaneamente aprender o seu conteúdo.
- A participação do aluno nas atividades diárias de resolução de problemas em grupo corresponde a 35% do valor do tópico. Ao final de cada aula são selecionados 3 ou 4 grupos para uma entrevista. Através da entrevista são verificados os conteúdos estudados, os problemas existentes e as propostas para otimização do processo.
- A prova ao final do tópico vale 65% dos pontos destinados ao tópico. Esta prova é individual e com consulta ao material elaborado durante o estudo dos assuntos do tópico.

O aluno que não atingir no mínimo 60% dos pontos totais de cada tópico deve fazer uma recuperação. Inicialmente ele é induzido a re-estudar toda a parte conceitual do assunto e escrever um resumo do mesmo. Posteriormente em uma aula extra, estes alunos, em conjunto com o



professor, trabalham em cima de alguns problemas importantes dos assuntos e ao final uma nova prova é aplicada.

Este procedimento é aplicado em todos os sete tópicos. O sétimo e último tópico tem um valor maior que os demais, já que ele funciona como uma conclusão da disciplina. Os problemas analisados neste último tópico procuram correlacionar mecânica dos sólidos I com outras disciplinas do curso como mecânica dos fluidos, termodinâmica e estatística.

#### **4. Conclusões**

A mudança na metodologia provocou uma expressiva melhora no ambiente das aulas. A participação dos alunos foi excelente. Havia um debate constante e profundo sobre as questões colocadas. Em certas ocasiões foi difícil encerrar a aula, já que os alunos continuavam a discutir entre si e com o professor sobre o assunto analisado. Esta melhora qualitativa do ambiente se reflete na presença maciça dos alunos nas aulas. Neste primeiro semestre de 2003 houve uma queda no índice de ausências de aproximadamente 25% em comparação à média dos semestres anteriores. Mais importante ainda foi o fato deste índice vir diminuindo ao longo do semestre. Nas últimas semanas obteve-se presença de todos os alunos, apesar de muitos deles já estarem aprovados.

O índice de reprovação caiu para 21% dos alunos matriculados. Apenas três alunos desistiram ao longo do semestre por não conseguirem acompanhar o ritmo da disciplina. Assim, além da melhora qualitativa observada pelo professor, obteve-se uma expressiva melhora nos índices quantitativos, ou seja, no índice de reprovação e de desistência.

A implantação desta metodologia está apenas no início. Várias falhas observadas neste primeiro semestre de implantação serão corrigidas nos próximos períodos. Pretende-se excluir várias provas, substituindo-as por resolução de casos reais de engenharia. Desta forma, o aluno terá oportunidade de testar seus conhecimentos e de mostrar que adquiriu habilidade para usa-lo adequadamente.

#### ***Agradecimentos***

O incentivo, a coragem e a inspiração para implementação destas mudanças foram conseguidos através da minha participação em seminários sobre metodologias de ensino na Engenharia promovido pela diretoria do Instituto Politécnico da PUC Minas (IPUC). Assim, eu gostaria de agradecer aos inúmeros colegas professores da PUC Minas que participaram destes seminários e me influenciaram com suas idéias e vontade de melhorar as condições de ensino e aprendizado na Engenharia. Agradecimentos especiais merecem os professores Nilson de Figueiredo Filho, Otávio de Avelar Esteves e Sérgio de Moraes Hanriot, respectivamente diretor e vice-diretores do IPUC, por terem idealizado e propiciado as condições para estes debates.

### **TEACHING METHODOLOGY IN MECHANICS OF MATERIALS I IN THE MECHANICAL ENGINEERING OF PUC MINAS**

***Abstract:*** *Mechanics of Materials I is a basic course of Mechanical Engineering graduation at PUC Minas. Mechanical Engineering at PUC Minas is a nocturnal course. Most or students works daily and they do not have enough time to study outside the university. A new methodology*



*of teaching mechanics of materials that accounts this social reality is proposed in this paper. The goal of introducing this methology was to decrease the failure rate.*