

abenge

Revista de Ensino de Engenharia

abenge

Nº 20

2º Semestre de 1998

Associação Brasileira de Ensino de Engenharia

DIRETORIA DA ABENGE:

(Gestão 96/98)

Presidente

Prof. DANILO AMARAL (UFMG)

Vice-Presidente

Prof. PEDRO LOPES DE QUEIROS (UFRN)

Vice-Presidente

Prof. FRANCIS BOGOSSIAN (UVA)

Diretor Secretário

Prof. IVO BRAND (UFPR)

Diretor Financeiro

Prof. LUIZ DE OLIVEIRA XAVIER (USJT)

CONSELHO FISCAL

Efetivos

Prof. CARLOS PRESTES CARDOSO (UFF)

Prof. DALTON RUBENS MAIURI (FEI)

Prof. DJALMA FRANCISCO CARVALHO (PUC-MG)

Suplentes

Prof. FREDMARCK GONÇALVES LEÃO (EFEL)

Prof. BENEDITO AGUIAR NETO (UFPA)

Prof. JOSÉ JAIRO ARAÚJO DE SOUZA (UFF)

CONSELHO EDITORIAL

Prof. ADEMIR MONTES FERREIRA

Prof. AFONSO HENRIQUES DE BRITO

Prof. ALESSANDRO LA NEVE

Prof. ANA REGINA T. FERREIRA TELES

Prof. ANTÔNIO DE OLIVEIRA

Prof. ANTONIO LOMBARDO

Prof. ANTÔNIO PEDRO FERREIRA SOUZA

Prof. BENEDITO AGUIAR NETO

Prof. CARLOS PRESTES CARDOSO

Prof. CÉSAR ZANCHI DAHER

Prof. CLÁUDIO DA ROCHA BRITO

Prof. EDSON BAPTISTA

Prof. EDUARDO CAMILHER DAMASCENO

Prof. ERNESTO DA SILVA PITOMBEIRA

Prof. HENRIQUES HIRSCHFELD

Prof. JOÃO BOSCO LAUDARES

Prof. JOÃO DOMINGOS BIAGI

Prof. JOÃO SÉRGIO CORDEIRO

Prof. JORGE NEI BRITO

Prof. JOSÉ JAIRO ARAÚJO DE SOUZA

Prof. JOSÉ LUIZ DA SILVA JÚNIOR

Prof. LUÍS CARLOS SCARVADA DO CARMO

Prof. MÁRIO NETO BORGES

Prof. OSVALDO LUIZ VALENTE

Prof. PAULO CÉSAR DOS SANTOS

Prof. RAIMUNDO FERREIRA IGNÁCIO

Prof. RUY CARLOS DE CAMARGO VIEIRA

Prof. SILVIA COSTA DUTRA

Prof. VALDER STEFFEN JÚNIOR

Prof. WALTER ANTÔNIO BAZZO

Prof. WALTER BRANDÃO

UFPA

UFRJ

FEI

UFBA

IMT

F.E.Itauna

UFPA

UFPA

UFF

PUC-PR

UNISANTOS

UFES

UMC

UFCE

FAAP

CEFET-MG

UNICAMP

UFSCAR

FUNREI

UFF

UFRN

PUC-RJ

FUNREI

UFG

UMC

FAAP

USP

UNISINOS

UFU

UFSC

US.ÚRSULA

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO 2

O ENSINO E PROGRAMA DE ESTATÍSTICA PARA A
GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA 3

EXERCÍCIOS DE MECÂNICA DOS FLUÍDOS UMA
ABORDAGEM TEÓRICA E PRÁTICA 9

DIRETRIZES CURRICULARES: DELINEANDO NOVOS
PARADIGMAS - O CASO DA ENGENHARIA QUÍMICA 12

SUGESTÕES DE COMO PREPARAR E EDITAR UM
RELATÓRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA 15

ESTUDO DO CONTRLE DA QUALIDADE E ERROS
DE ENGRENAMENTO EM ENGRENAGENS CILÍN-
DRICAS 23

UMA FERRAMENTA AUXILIANDO O APRENDIZADO E
O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE ALVENARIA
ESTRUTURAL 33

ERRATA DA REVISTA Nº 19 42

ORIENTAÇÃO AOS AUTORES 44

Revista de Ensino de Engenharia

Nº 20 - Dezembro de 1998

ISSN 0101 - 5001

EDITOR RESPONSÁVEL

Prof. JOSÉ JAIRO ARAÚJO DE SOUZA (UFF)

PRESIDENTE DO CONSELHO EDITORIAL

Prof. DANILO AMARAL (UFMG)

Impressão

Gráfica Corrêa

Diagramação e Editoração Eletrônica

Promptus Informática Ltda

Tiragem: 1.700

Distribuição

Enviada a todos os associados da ABENGE e demais
órgãos vinculados ao Ensino de Engenharia



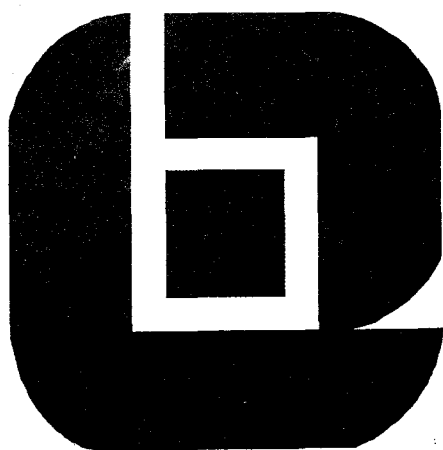
ABENGE associação brasileira de
ensino de engenharia

AV. W-3 Norte - Quadra 516 - Bloco A
CEP 70770-515 - Brasília - DF

Tel.: (061) 347-0773 - Telefax: (061) 272-2661

abenge@onda.com.br

IMPRESSO



ABENGE associação brasileira de
ensino de engenharia

AV. W-3 Norte - Quadra 516 - Bloco A
CEP 70770-515 - Brasília - DF

Tel.:(061) 347-0773 - Telefax:(061) 272-2661
abenge@tba.com.br

Apresentação

Caros Professores

A ABENGE estará renovando sua Diretoria, a partir de 01 de janeiro de 1999. Essa salutar oxigenação na direção de nossa entidade contribuirá, de forma efetiva, para a constante atualização das ações em prol do ensino de engenharia no Brasil.

Certamente haverá reflexos positivos na Revista de Ensino de Engenharia, com a escolha de um outro Editor Responsável e a renovação, em parte, do Conselho Editorial. Os leitores poderão estar certos de que, as eventuais mudanças, serão para melhor.

Nesta última edição de nossa atual gestão, não se poderia deixar de registrar um agradecimento público ao nosso corpo de árbitros, que contribuiu de forma decisiva, para a consolidação da Revista. Agradecemos também aos autores que nos enviaram seus trabalhos e toda a comunidade acadêmica que atua no ensino de engenharia, que nos prestigiou com suas apreciações e críticas construtivas.

Concentramos esforços no cumprimento de exigências dos órgãos de fomento, afim de manter um padrão de qualidade para revistas conceituadas. A frequência semestral foi mantida rigorosamente durante os 3 últimos anos, pela nossa gestão.

Uma Diretoria unida e coesa, é pré-requisito para o bom desempenho de uma associação como a ABENGE. A revista sempre foi colocada como uma questão prioritária em nossa administração, com o apoio decisivo de cada um dos demais membros da Diretoria: Prof. Pedro Lopes de Queirós, Prof. Francis Bogossian, Prof. Ivo Brand e Prof. Luiz de Oliveira Xavier. A eles, o nosso agradecimento pelo empenho em benefício do crescimento da REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA.

Atenciosamente,

Prof. Danilo Amaral
Presidente da ABENGE

O ENSINO E PROGRAMA DE ESTATÍSTICA PARA A GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA

Dr. JOÃO AGNALDO DO NASCIMENTO.

UFPB - Departamento de Estatística.

RESUMO: O objetivo deste trabalho é motivar uma mudança na forma de como se está ensinando disciplinas de estatística para os cursos de engenharia. Mostrar o que é considerado mais importante nos programas de estatística para a realidade atual. É necessário preparar o engenheiro para um mercado que exige a convivência com problemas reais, problemas industriais complexos que precisam de uma grande variedade de métodos. Nossos programas atuais de estatística para engenharia não cumprem o papel de oferecer ao engenheiro a formação de que ele necessitará.

ABSTRACT: The aim of this work is to create a change for the statistics teach in engineering area and to show an important program for actual reality. We need to give real problem to engineers. Complex industrial problem need a wide variety of methods. Today, ours statistics programs do not offer to the future engineer a solid base methods. You will find in this article important topics for teaching statistics for engineering.

1 - INTRODUÇÃO

O ensino de Estatística para Engenharia requer mudanças para sua adequação à realidade atual das transformações tecnológicas que estão ocorrendo. Os programas que estão nos currículos não mais satisfazem as necessidades do perfil projetado para as funções que terão o Engenheiro do presente. Algumas técnicas estatísticas consideradas de pouca importância há dez anos atrás assumem relevância hoje e outras consideradas de muita importância perderam parte desta relevância.

2 - O ENSINO

Ocorreram transformações econômicas no mundo que incorporaram mudanças na filosofia de gerenciamento da produção de bens e serviços, forçando sistematicamente o uso de métodos estatísticos visando um contínuo melhoramento da qualidade de produtos e serviços. No entanto, continua-se ensinando Estatística muitas vezes com exemplos que envolvem apenas dados, baralho e outros jogos de azar sem utilização dos dados de um problema real. O que podemos esperar dos futuros engenheiros num mercado que exige a convivência com problemas reais, problemas industriais complexos que envolvem a aplicação de uma ampla variedade de métodos, se lhes são ensinados apenas jogos de azar

(Godfrey, 1986).

Por longos anos se tem tolerado um ensino de Estatística com maus cursos preparatórios para as exigências atuais e é difícil acreditar em boas

expectativas para estudantes que convivem em sala de aula com exemplos dissociados do mundo profissional real. Em muitas Universidades, nos Departamentos de Estatística existem poucos estatísticos competentes para lidar com problemas reais. (Box, 1976) e isto ocorre porque a maior parte da população que ensina estatística necessita da prática da Estatística (Joiner, 1986) e em muitos casos, nunca a utilizam com finalidades práticas. Historicamente, tem havido um péssimo trabalho de ensino de Estatística. Ano após ano, semestre após semestre continua a persistir um ensino mais ou menos da mesma forma que há quarenta anos atrás.

A crítica mais comum do ensino de Estatística é o enfoque puramente acadêmico, excessivamente teórico e desconectado dos problemas reais que surgem na indústria e no mundo dos negócios (Romero et al., 1995) “ Eu acredito que Estatística é melhor definida como a Ciência e a Arte de se obter dados. A palavra aqui é dados, não variação aleatória... nem probabilidades”. Portanto, deve-se dar uma forte ênfase ao estudo de casos e problemas reais e tentar mostrar como Estatística pode ser usada para desenvolver melhor seu trabalho. Esta foi um filosofia discutida na Conferência de Hogg (Hogg, 1985) onde se recomendou a utilização de pacotes estatísticos. O uso destes pacotes pode tornar métodos mais sofisticados de difícil entendimento em métodos fáceis de se usar (Godfrey, 1986).

O trabalho cooperativo em equipe atualmente requer mais destaque. Treinamos estudantes

muitas vezes sem levar em consideração que eles precisarão fazer parte de uma equipe de trabalho. Nossos programas não atendem a quase nada deste requisito, ficando por conta da criatividade do ministrante do curso como deliberar o trabalho de equipe. Um relatório da American Statistical Association (ASA), section on Statistical Education Committee on Training of Statisticians for Industry (ASA, 1980) mostrou que os estudantes não estão preparados para o trabalho em equipe, uma característica importante para o profissional de hoje. Esta importância é reforçada por Garfield (Garfield, 1993).

O pior no ensino de Estatística é que muitos estudantes terminam um curso sem conhecer dados de um problema real (Pena, et al., 1990).

Tabela 1: Importância relativa de Métodos Estatísticos

Métodos	Politechnic	Hogg(1985)
Estatística Descritiva	16	10
Probabilidade	16	17,5
Processo Estocásticos	16	0
Inferência Estatística	12	17,5
Planejamento de Experimentos	32	25
Modelos Regressão	8	10
Confiabilidade	0	10
Controle de Qualidade	0	10
TOTAL	100	100

3 - O PROGRAMA

Um marco importante para a seleção de tópicos para um programa de curso de estatística para Engenharia foi dado em Hogg, (Hogg, 1985), que tratou sobre a educação Estatística para Engenharia. As sugestões dadas em 1985 mudaram para um programa mais adequado à realidade atual (Hogg, 1994). Para perceber as mudanças, observe a Tabela 1 que mostra a importância relativa de alguns tópicos, pontuados na Politechnic University of Valency, atualmente (Romero, 1995) concordando plenamente com as sugestões de Hogg (Hogg, 1994) e a pontuação percentual dados ao programa da Conferência de Hogg em 1985. Observe que de 1985 e 1995 houve fortes mudanças.

Os zeros da tabela 1 ocorreram por problemas de limitação de tempo, e segundo Romero (Romero, 1995) há a certeza da importância da Confiabilidade e Controle de Qualidade para Engenharia, mas a limitação de tempo num curso ini-

cial fez com que estes dois tópicos fossem oferecidos em outra oportunidade. Não se justificaria a omissão de Processos estocásticos para o Engenheiro de Computação (Engenharia de "Software" ou "Hardware") que necessitaria no mínimo de uma introdução aos processos estocásticos elementares. Tudo é importante, por exemplo, "Gibbs Sampling" e "Metropolis-Hastings"

(Técnicas de simulação MCMC ("Markov Chain Monte Carlo")) são algoritmos com muitas aplicações atuais, mais especificamente, pode-se aplicar na detecção de erros de elaboração de "Softwares" (Achar, 1996) e muitas outras aplicações. A questão de interesse aqui é: O que é mais importante de Estatística para o engenheiro em um curso inicial? Quais métodos estatísticos seriam imprescindíveis para um engenheiro ante a realidade tecnológica atual?

Uma boa resposta para a questão citada acima é dada especialmente por Hogg

(Hogg, 1994), que modificou algumas de suas opiniões de 1985 (Hogg, 1985), colocando agora os seguintes tópicos essenciais:

- 1) Solucionar problemas que incluam o aprimoramento de processos usando o método científico e o ciclo PDCA (P = Plan, D = Do, C = Check e A = Act), o fluxograma, diagrama espinha de peixe, diagrama de Pareto, histograma, cartas de controle.
- 2) Fundamentos da variabilidade dos dados e a necessidade de reduzir a variabilidade para atingir o alvo ("target") desejado e melhorar a qualidade de produtos e serviços.
- 3) Planejamento de experimentos, replicação "versus" duplicação, aleatorização, blocos, efeito principal, experimentos fatoriais completos e fracionados, interação, confundimento e superfície de resposta.
- 4) Inferência Estatística com ênfase maior em Intervalos de Confiança e menos ênfase em testes de hipótese (incluir o Valor-P ("P-Value")).
- 5) Técnicas gráficas.

Estes tópicos seriam abordados em um curso de um semestre, sendo o Planejamento de Experimentos a parte mais importante. As leis formais de probabilidade, Distribuições Conjuntas e Confiabilidade devem ter pouca ênfase ou mesmo serem eliminados (Hogg, 1994). A parte matemática relacionada com o erro tipo I e II e função poder do teste, elementos de teste de hipótese devem ser avaliados ou receber pouca ênfase teórica neste curso inicial. Recomenda-se conceitos pouco profundos de probabilidade e idéias intuitivas de independência (que seriam usadas na elaboração de uma amostra aleatória).

As áreas de Engenharia Elétrica e Industrial necessitam de mais conhecimentos de probabilidades que o recomendado para outras áreas, podendo incluir conhecimentos adicionais tais como simulação, pesquisa operacional e processo ruído ("signal"). Pode-se excluir o Teorema da probabilidade total e o Teorema de Bayes, a menos que se tenha um tempo extra para incluí-lo (Hogg, 1994). É evidente que falta uma abordagem das potencialidades dos Métodos Bayesianos, completamente esquecidos por Hogg, talvez por dificuldades de um texto voltado para a área de Engenharia

e que esteja em um nível acessível ao aluno de graduação, ou mesmo pelas aplicações ocorrerem em problemas específicos.

O número de alunos por classe deve ser de aproximadamente 30 alunos sendo necessário um laboratório que esteja disponível para as tarefas do decorrer do curso. Estas tarefas devem envolver dados reais relacionados com projetos de outros cursos ou outros laboratórios, isto com a finalidade de integrar os conceitos estatísticos com material de dados de outros cursos. É evidente a necessidade do uso de pacote estatístico; omitir-se ao uso destes pacotes é investir na ineficiência, especialmente no ensino de Planejamento de Experimentos.

Uma proposta de plano de curso ligado com as necessidades atuais de um Engenheiro também foi apresentada por Hogg (Hogg, 1994) para um curso de 45 horas semestrais e que adaptamos para uma carga horária semestral de 60 horas, que é o caso da maioria dos cursos de Estatística para Engenharia em nossas Universidades. O programa é composto de seis partes, I, II, ..., VI, e está apresentado no Anexo 1, no final deste artigo.

4. RELAÇÃO PROFESSOR - ALUNO

Para um melhor "feed-back" do aluno, é importante pensar em melhorar a qualidade do ensino aplicando técnicas de qualidade total nos cursos de estatística para a Engenharia, o que valeria com certeza o desempenho dos alunos e a qualidade do ensino. Algumas sugestões para esta melhoria seriam: (a) Aumentar a comunicação na sala de aula e a comunicação extra-classe introduzindo uma videoteca relacionada com o programa do curso, prática esta já adotada em muitos cursos em Universidades que se preocupam com a qualidade do ensino (Harvard University USA, por exemplo). (b) Acurada preparação do plano de aula, com clareza. Usar um bom texto (o que não temos para este programa). Aplicar testes com objetividade e fidedignidade (c) Usar computadores com software adequado para o curso. (d) Sobre as tarefas extra classe utilizar dados do mundo real com problemas que tenham começo e fim. (e) Lembrar que a comunicação entre as pessoas é mais importante do que a técnica.

Antes de encerrar a aula, escolher ao acaso alguns alunos (por exemplo de 4 a 8) que falarão sobre a aula tentando responder as seguintes questões:

- Qual a parte mais importante desta aula na sua opinião?
- Que parte não ficou clara? (Se ficar mudo temos um dos mais importantes feed-back para esclarecer estas partes!)
- Que assunto você desejaria conhecer mais?
- Há alguma sugestão que poderia melhorar a apresentação do assunto de hoje pelo professor?

Estas respostas poderão ser usadas para continuação da aula seguinte e muitas das respostas a), b), c) e d) não serão úteis, mas com certeza, ajudarão a manter uma boa relação ou interação professor - aluno, o que é desejável.

Tudo o que está aqui sugerido tem o propósito de melhorar a qualidade e o serviço da Educação Estatística para o Engenheiro. Esta é a filosofia de todos que desejam somar contribuições a esta nova forma de exercer atividades docentes, pensando em qualidade. Em especial, esta filosofia de repensar o ensino já está contida naqueles que se alinham com

O propósito de aprimorar cada vez mais suas atividades docentes. Que também seja este o nosso propósito, que busca em profundas e ricas transformações no ensino da Estatística, substituir uma realidade que agoniza. Uma realidade que pede mudanças para melhorar a qualidade, objetividade e compartilhar com a convergência comum de dar ao Engenheiro uma formação mais adequada para as suas necessidades atuais.

Anexo 1: Programa da disciplina

I. Coleta de dados, apresentação e comunicação (10 horas).

A. Introdução.

- Filosofia do melhoramento da qualidade.
- Importância do pensamento Estatístico para a Engenharia.
- O Método científico e o ciclo de Schewhart / Deming.

B. Identificação de problemas.

- Fluxograma.

2. Diagrama.

- Diagrama espinha de peixe ("Checksheets") e Diagrama de Pareto.

C. Coleta de dados.

- Método científico.
- Medição, erro e variabilidade: (a) Variáveis: Qualitativas Quantitativas. (b) Fontes de variabilidade.

D. Gráficos.

E. Estatística Descritiva.

- Média.
- Variância e Desvio padrão.
- Estatísticas de ordem: Quartis e Percentis.

F. Análise Exploratória de dados.

- Ramos e folhas.
- Diagrama de Caixa simples e múltiplo.
- Gráfico Q-Q (Q-Q "plot").
- Diagrama de pontos ("dot diagram", "digidots")

II. Probabilidades (10 horas).

A. Probabilidade e conceito de independência.

B. Modelos Probabilísticos.

- Variáveis aleatórias.
- Valor Esperado e Parâmetros.

C. Distribuições básicas.

- Normal.
- Binomial.
- Poisson.
- Outras: Gama, Qui-Quadrado, t-Student, F-Snedecor e Weibull.

D. Ajustamento de distribuições a dados.

- Método dos momentos.

2. Checagem de ajustamento usando o gráfico Q-Q para normalidade e papel de probabilidade Weibull.

III. Interferência Estatística básica (12 horas).

A. Amostragem.

1. Amostra e População
2. Estatística e parâmetro.

B. Distribuições amostrais.

1. Exemplos elementares.
2. Distribuição da soma de variáveis aleatórias independentes.

(a) Média de uma soma. (b) Variância de uma soma (c)

Propagação de variâncias.

3. Teorema do limite central. (a) Probabilidades aproximadas para X.
4. (b) Probabilidades aproximadas para as probabilidades binomiais.

C. Intervalo de Confiança para a média.

1. Variância conhecida.
2. Variância desconhecida usando a distribuição t-Student.
3. Emparelhamento.
4. Tamanho da amostra.

D. Outros intervalos de confiança.

1. Diferença de médias.
2. Proporção: Uma e diferença de duas.

E. Outros intervalos aleatórios.

1. Tolerância.
2. Predição.

F. Teste de hipótese estatístico.

1. Relação com intervalos de confiança.
2. Valor P.

3. Outros testes: t, t emparelhado, Qui-Quadrado, F.

IV. Controle estatístico de processo (2 horas).

A. Cartas da amplitude e da média.

B. Carta da proporção.

C. Índices de capacidade.

V. Modelos de Regressão (4 horas).

A. Mínimos Quadrados.

B. Regressão linear simples.

1. Estimação de parâmetros.
2. Intervalo de Confiança.

C. Correlação e gráfico.

D. Gráfico dos resíduos.

VI. Planejamentos de experimentos (18 horas).

A. Objetivo: Exploração e otimização.

B. Conceitos estatísticos.

1. Grupo controle.
2. Replicação.
3. Aleatorização.

4. Blocos.

C. Comparações.

1. Qualitativas.
2. Experimentos Fatoriais com ênfase em (a) Dois níveis (2^k).

(b) Gráfico Q-Q (c) Intervalo de confiança (d) ANOVA (Análise de variância).
3. Experimentos Fatoriais Fracionados. (a) Dois níveis 2^{k-p} . (b) Gráfico Q-Q.
4. Componentes de variância (modelos aninhados (encaixados)).
5. Superfície de resposta.

As demais 6 horas restantes, seriam destinadas à avaliação de conhecimentos. Acredita-se que a maior parte deste programa poderá ser cumprido desde que seja ensinado especialmente através de exemplos sem se deter no formalismo da técnica.

REFERÊNCIAS

- 1 Achcar, A. J. **A bayesian approach using nonhomogeneous Poisson process for software reliability models.** Relatório Técnico n.º 27-ICMSC - UPS. São Carlos - SP.(1996).
- 2 **ASA Section on Statistical Education Committee on Training of Statisticians,** 34,65-75.
- 3 Box, G. E. **P Science and Education.** Journal of the American Statistical Association, 71, 791-799.(1976).
- 4 Garfield, J. **Teaching Statistics Using Small-Group Cooperative Learning.** Journal Statistics Education vol. 1 n.º 1.(1993).
- 5 Godfrey, B. **Future directions in Statistics.** Report 10. Center for Quality and Productivity Improvement University of Madison, WI 34-39. (1986).
- 6 Hogg, R.V. **Statistical Education for Engineers: An Inicial for Task Force Report.** The American Statistician, 39, 168-175 (1994).
- 7 Hogg, R. V. **A core in Statistics for Engineering Students.** The American Statistician, 48, N.º 4, 285-287.(1985)
- 8 Joyner, B.L. **Transformation of the American Style of Teaching Statistics.** Report 10, Center for Quality and productivity Improvement, University of Madison, WI, 30-33. (1986).
- 9 Romero, R.; Capilla C.; Zunica, L.; Balash, S.; Serra, V.; Alcover, R. **Teaching Statistics to Engineers: An Innovative Pedagogical experience.** Journal Statistics Education, vol 3, N.º 1 (disponível na INTERNET : <http://www.romero.html>) (1995).
- 10 Pena, D.; Prat, A.; Romero, R. **La enseñanza de la Estadística en las Escuelas técnicas.** Estadística española, 32, 147-200. (1990).

EXERCÍCIOS DE MECÂNICA DOS FLUIDOS

UMA ABORDAGEM TEÓRICA E PRÁTICA- PARTE 1

Prof. Antônio Carlos de Andrade
Departamento de Engenharia Mecânica
Escola de Engenharia
Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos, 6627, Campus Pampulha
cep 31270-901 BH-MG
e-mail: andrade@vesper.demec.ufmg.br

RESUMO: Foi feita a análise de alguns aspectos do processo de ensino e aprendizagem da metodologia comumente adotada em aulas práticas e teóricas. Em função disso, é apresentada uma nova proposta didática para o ensino em laboratório: a criação de aulas de exercícios “teórico-práticos”. Um dos objetivos principais é o de explorar a motivação do aluno como recurso extra de aprendizagem com a criação de um programa de aulas práticas intimamente ligado ao conteúdo da aula teórica no qual predomina o trabalho em grupo com a mínima interferência do professor. A parte prática consiste na realização de experimentos simples e baratos que permitam a obtenção, interpretação e comparação do resultado experimental com exemplos extraídos do livro texto da disciplina, dando ênfase no uso da formulação “lumped”. Esta proposta, inicialmente desenvolvida para um curso de laboratório de Mecânica dos Fluidos, pode ser aplicada também ao ensino da Mecânica Clássica, Fenômenos de Transporte ou Termodinâmica, toda vez que se tratar do estudo dos princípios de conservação e das leis gerais na sua forma mais abrangente.

PALAVRAS CHAVE: Mecânica dos Fluidos, Fenômenos de Transporte, Aula de Laboratório, Ensino de Engenharia, Metodologia do Ensino

ABSTRACT: The teaching and learning process aspects from the common methodology adopted in practical and theoretical classes was analyzed. A new didactic proposal of laboratory teaching was presented: The creation of class with “theoretical-practical” exercises. To explore the student motivation as an extra learning source was the main objective creating a program with practical classes closely connected to the theoretical classes, with the predominance of group work with minimum teacher interference. The practical part consist to perform hand made, simple and inexpensive experiments that allow to obtain, to understand and to compare experimental results with examples extracted from the discipline text book emphasizing the “lumped” formulation. This proposal, initially developed for the fluid mechanics course, can also be applied for classical mechanics, transport phenomena and thermodynamic courses, always that the conservation principles and general laws are used in its most general forms.

1-INTRODUÇÃO

Pode-se afirmar que a forma mais comum de aprendizagem ocorre pela solução de exercícios propostos. Este fato gera no autor o seguinte questionamento: O pleno entendimento da “Teoria” contida nestes exercícios tem sido contemplado? Historicamente, o que era insolúvel décadas atrás, um aluno de graduação tem condições de resolver hoje com um microcomputador e software adequado. Por isso, considera-se que o entendimento da teoria, na atualidade, passa a ter um peso

cada vez maior do que a capacidade demonstrada pelos alunos de resolver “n” exercícios.

2-DESENVOLVIMENTO

2.1-Análise

Dentre os objetivos do ensino relacionados com o entendimento da teoria, dois, na opinião do autor, não tem sido enfatizados apropriadamente: a formulação e a interpretação de problemas.

Um dos reflexos negativos do fato do aluno

aprender teoria, indiretamente pela solução de exercícios, são o seu pouco domínio dos pré-requisitos do ciclo básico, que chegam muito diluídos, fragmentados, o que atestam que o ciclo do aprendizado não foi concluído.

Há quem concorde, também, com o método tradicional, no qual se o aluno resolver todos os exercícios do livro terá aprendido a matéria. Mas apenas este enfoque pedagógico não atende às necessidades da população discente como um todo (BEYER, G., 1979).

Quanto aos livros texto, apresentam toda a matéria necessária à disciplina de forma didática e completa. Mas o treinamento para a solução de exercícios impede o aluno de assimilar igualmente, vários aspectos teóricos de aplicação das leis que utiliza, porque o aluno geralmente não formula, e sim, **equaciona, resolve os problemas e compara a sua resposta com o valor do gabarito do livro.**

No tocante às aulas práticas, sua importância é inquestionável, embora cada vez mais escassas. Além disso, com a metodologia nelas utilizada, em geral é necessário ao professor revisar teoria no laboratório para compensar a pouca base teórica dos alunos. O professor é o agente ativo no processo de ensino. E a parte experimental da aula é restrita quase que exclusivamente ao processo de tomada de dados, feita em geral de uma forma empírica que, às vezes, tende a tornar-se maçante para o aluno.

O roteiro da aula prática traz o problema formulado e direciona o aluno para as etapas finais, que são o seu equacionamento e a solução, mas não mostra claramente o caminho para a interpretação dos resultados. Além disso, a ausência da análise de incertezas é quase absoluta, processo que obrigatoriamente deveria acompanhar qualquer resultado obtido experimentalmente.

Os relatórios devem refletir a capacidade do aluno de analisar os resultados e tirar conclusões, além de evidenciar seu preparo para a redação técnica. Mas, apesar das condições facilitadas para a elaboração de um bom relatório, na opinião do autor, em geral, o resultado final não é melhor nem mais completo do que o roteiro que lhe deu origem.

Considera-se que a metodologia da aula prá-

tica tradicional é apropriada para a análise de equipamentos de engenharia, onde o objetivo é a fixação de conhecimentos aplicados. Sob este aspecto, as práticas de laboratório das disciplinas básicas carecem de uma metodologia inovadora, mais eficiente e que motive mais o aluno.

2.2-Proposta

A idéia básica da proposta aqui apresentada tem início com um trabalho de laboratório, cujos resultados podem ser estendidos para a aula teórica.

A aula prática não deve ser vista como uma atividade para confirmar a teoria, mas para confirmar e aprimorar o processo de análise individual de cada aluno por meio da realização de experimentos que reproduzam exercícios escolhidos do livro texto.

Da aula prática, podem ser criados vídeos sobre as montagens em funcionamento para sua utilização na análise de problemas ainda na aula teórica.

A compilação desses resultados reais servem também para compor e se contrapor às respostas teóricas do livro.

2.2.1-Materiais

a.1-Elaboração de montagens simples, reproduzindo as ilustrações dos livros, preferencialmente de dimensões e pesos reduzidos, feitas basicamente com conexões de PVC, chapas de acrílico, suportes de "metalon" e materiais que não oxidem.

a.2-Elaboração de um texto, pelo professor, com exercícios selecionados de Mecânica dos Fluidos que tratem da utilização das leis gerais na descrição de vários fenômenos físicos, incluindo os mais diversos exemplos de uso das leis gerais e não se restringindo a especificidade dos programas da disciplina.

b.-Sub-produto: Elaboração de vídeos que substituam as montagens em funcionamento.

2.2.2-Método

Aplicação de um exemplo resolvido para estudo no laboratório, por grupo de 4 alunos. Apresentação de uma montagem ao grupo, cuja formulação é semelhante a do exercício resolvido. O

grupo escolhe a variável para estudo, materiais e métodos. Desenvolve a parte experimental, efetua uma memória de cálculos visando principalmente a discussão sobre a precisão do modelamento.

2.2.3-Referência básica

Dentre as várias Referências Bibliográficas pesquisadas, uma foi considerada perfeitamente adaptada para a seleção deste tipo de problemas propostos. Trata-se do livro: **Elementos de Mecânica dos Fluidos**, de Vennard, John,K. e Street, Robert,L. (1978)

2.3-OBJETIVOS

- . a formulação de problemas;
- . a criação e execução de montagens, vídeos, etc;
- . a visualização e a verificação experimental dos fenômenos
- . a interpretação correta e completa dos resultados
- . a redação técnica mais apurada

2.4-VANTAGENS

A criação de montagens simples, a partir dos exercícios propostos nos livros apresenta várias vantagens:

- . A natureza fenomenológica dos princípios de conservação é evidenciada.
- . O uso da intuição física anterior ao modelamento e a percepção das diferenças entre o problema real e o modelo (as idealizações), no papel, são acentuadas.
- . Servem como fonte de recursos mnemônicos para a fixação de pormenores importantes da teoria.
- . Estimulam a criatividade e o uso da teoria como forma de expressão.
- . A formulação de um problema pelo próprio aluno constitui, em si, um desafio.
- . A utilização de aparelhos domésticos ou dos próprios equipamentos do laboratório para estudo e a simplicidade das montagens artesanais e até feitas pelo próprio aluno, também contribuem para a eliminação da resistência emocional à matéria.
- . A construção de tubos de Pitot, placas de orifício, venturis, etc., esquemáticos, fora das normas de construção, são viáveis para ilus-

trar e estudar os fenômenos físicos básicos, sem impedimento que as normas sejam discutidas e analisadas posteriormente.

. Aqui, a precisão da medida ou do modelo não é o mais importante, desde que quantificada.

. A possibilidade do próprio aluno construir suas montagens com materiais como: conexões de PVC, placas de acrílico, sucatas de oficinas, etc., também não deixa de ser **uma alternativa barata e lúdica de adequação do ensino à nossa realidade**; mas dentro desse contexto, com um retorno muito mais satisfatório.

3.CONCLUSÃO

3.1-Parte 1

Com base na experiência estritamente profissional e pessoal, conclui-se que a eficiência do processo ensino-aprendizagem é boa, embora limitada pelo seu próprio contexto, porque ainda visa fundamentalmente, garantir aos alunos de graduação, a aprendizagem de metodologias de solução de problemas. Postula-se que o aprendizado pode ser melhorado ainda mais, com uma ênfase mais direta à discussão e ao entendimento da teoria.

3.2-Parte 2

A fase inicial do projeto consistiu na elaboração dessa proposta de ensino. O autor reserva a parte 2 desse trabalho para a descrição do seu desdobramento, com a construção das montagens, sua implantação e avaliação, que está previsto para ser iniciado em 1999. O mesmo apreciaria muito se esta iniciativa não constituísse um fato isolado, mas sim, que fosse acolhida e testada por outros colegas.

4.BIBLIOGRAFIA

1. BEYER, Günther. **Tipos de Aprendizado e Pa-res de Palavras**. In: PROGRAMA DE TREINAMENTO PARA: MEMÓRIA, CONCENTRAÇÃO E CRIATIVIDADE. 1.ed. Rio de Janeiro. Editora Tecnoprint Ltda, 1979, Cap.1, p.21-26. 235p.
2. VENNARD, J.K, STREET, R.L. **Elementos de Mecânica dos Fluidos**. 5.ed. Rio de Janeiro. Editora Guanabara Dois, 1978, 687p.

DIRETRIZES CURRICULARES : DELINEANDO NOVOS PARADIGMAS - O caso da Engenharia Química -

André de Almeida

Departamento de Tecnologia Química - Instituto de Tecnologia
UFRJ

BR 465, Km 7 - Seropédica - RJ - 23890-000

email : andredea@ufrj.br

RESUMO: Este trabalho apresenta algumas reflexões sobre aspectos que poderiam balizar os processos de elaboração curricular sob uma nova perspectiva. Em especial, destaca-se a necessária incorporação de um projeto pedagógico junto aos mecanismos de seleção de conteúdos de modo a viabilizar a consecução dos objetivos curriculares. Na tentativa de concretizar estas idéias, são apresentados os seus reflexos quando aplicadas à área de Engenharia Química.

PALAVRAS CHAVE: Ensino e aprendizagem, currículo, Ensino de Engenharia Química

ABSTRACT: This paper presents some reflections on aspects that could bound the curricular conception processes under a new perspective. It points out the necessity of introducing pedagogical concerns into the mechanisms of contents selection in order to get the curricular aims attained. The ideas raised along the discussion are applied, at the end, to the Chemical Engineering area.

KEY WORDS: Teaching and Learning, curriculum, Chemical Engineering education

INTRODUÇÃO

Atendendo aos termos da nova Lei de Diretrizes e Bases (LDB), a Secretaria de Ensino Superior do MEC lançou o edital 04/97 - MEC/SESu, solicitando o envio de contribuições para o processo, que então se iniciava, de redefinição das diretrizes curriculares para os cursos de graduação.

As idéias deste texto foram desenvolvidas visando a sua inserção neste processo de discussão. No entanto, as mudanças ocorridas no cronograma e na forma de condução do processo - e diante da grande quantidade de propostas enviadas - sinalizaram no sentido do empobrecimento da amplitude e da diversidade dos agentes representados no debate. Sendo assim, procurou-se adaptar o seu conteúdo, de modo a propiciar a sua publicação e ampliar, tanto qualitativa como quantitativamente, o universo de interlocutores que seria desejável poder incluir em um real processo de discussão.

Neste trabalho foi feita a opção por privilegiar a apresentação de princípios gerais, norteadores de diretrizes, em detrimento de propostas mais detalhadas sobre aspectos específicos. Assim, estes princípios, organizados na forma de tópicos, são apresentados e complementados, ao final, com uma discussão que os particularize no contexto da Engenharia Química.

Antes, contudo, é importante salientar a total consonância com o espírito com que a SESu balizou a discussão proposta. O texto do edital não deixa dúvidas quanto à necessidade de: ser flexível na formulação das bases para a construção dos currículos, privilegiar áreas de conhecimento em detrimento de disciplinas (matérias) e cargas horárias, apontar na direção de formar diplomados nestas áreas ao invés de profissionais, entender a graduação como a etapa inicial do processo contínuo de educação permanente, e ainda, garantir às IES a livre definição de parte substantiva da carga ho-

rária de seus cursos. É fundamental que este espírito seja preservado ao longo do processo de discussão. Deve-se estar preparado para que as previsíveis intervenções, tanto dos interesses corporativos dos ditos órgãos de classe e de segmentos do corpo docente, quanto daqueles que, na ânsia do poder normatizador, se voltam sempre para as ultrapassadas resoluções do extinto CFE, não comprometam o resultado final, adiando uma vez mais a necessária revitalização dos processos de elaboração curricular.

Estes interesses têm, nas últimas duas décadas, se somado às idiossincrasias do corpo docente das instituições e, quase sem nenhuma crítica, prevalecido na elaboração da agenda de discussões sobre a implementação e reformulação de currículos. Como resultado, encontra-se a maior parte dos currículos com carga horária elevadíssima, onde a quantidade excessiva de disciplinas sugere que, a concepção global dos objetivos curriculares nasce, somente ao final, pela justaposição sucessiva de disciplinas selecionadas apriori. Neste contexto, quase todo o tempo dos alunos é consumido em frequentar um número infundável de aulas - desconectadas entre si - para que ali obtenham, sob o monopólio do professor, a chave que lhes permitirá desvendar o caminho para o êxito nas respectivas avaliações. Após a superação do que, na prática, é encarado como uma verdadeira corrida de obstáculos, vem, ao final, o que se apresenta como recompensa: a possibilidade de adquirir um número de registro em um dos conselhos profissionais.

No entanto, este é um cenário que não chega a ser surpreendente. Norteados, na maioria dos casos, por uma perspectiva pragmática baseada em visões imediatistas e circunstanciais, os processos de elaboração curricular têm assumido apenas uma dimensão pretensamente profissionalizante e tecnicista, justificadas por aparentes características de um mercado de trabalho, segmentado sob a ótica corporativa. Não tem havido preocupação, ou interesse, por qualquer reflexão mais abrangente

que procure considerar os aspectos filosóficos mais gerais associados à problemática do ensino, à função social do conhecimento, ou aos mecanismos para a construção independente deste conhecimento.

Neste sentido, para realizar a crítica a este modelo, é fundamental fugir da lógica que o constitui e aprisiona. Cabe estabelecer novos paradigmas para esta discussão, constituídos a partir de um confronto de idéias e diretrizes globais que possam explicitar diferentes projetos educacionais, mas também, diversas visões sobre o conhecimento da natureza e da realidade social, sobre os processos para sua apropriação consciente e, ainda, sobre o próprio sentido do conhecimento científico e tecnológico.

É neste contexto, e visando um espaço de discussão fundado em novas premissas, que este trabalho pode adquirir o seu real significado e trazer alguma contribuição para o processo de discussão sobre diretrizes curriculares e, muito em particular, para os cursos de Engenharia Química.

PRINCÍPIOS GERAIS PARA A CONCEPÇÃO CURRICULAR

Um currículo pode ser entendido como um conjunto ordenado, de conteúdos teóricos e metodológicos, organizados em disciplinas. Na estruturação dos currículos deve ser considerado um Núcleo de conteúdos fundamentais, comum para uma mesma área de conhecimento.

O Núcleo de um currículo de graduação não deve ser objeto de transformações frequentes, como as fronteiras das ciências e tecnologias que ele procura traduzir; mas, prioritariamente, deve refletir a acumulação dos conceitos e relações fundamentais a partir dos quais o consenso construiu as bases deste conhecimento.

Esta permanência, contudo, não deve impli-

car uma oposição absoluta à idéia de mudança, mas apenas uma forma de assegurar que os conteúdos do Núcleo respeitem a própria dinâmica de estruturação e sistematização do conhecimento por ele representado.

Neste sentido, o currículo, tendo nos conteúdos do Núcleo a sua etapa fundamental, adquire a função de uma norma de exposição, o que vale dizer, um instrumento didático destinado a organizar e sistematizar o processo de difusão de conhecimento, voltado à explicitação de seus conceitos e relações essenciais e, da capacidade destes, em representar o universo dos fenômenos analisados e permitir a reconstrução da totalidade do conhecimento intrínseco à área de interesse.

Mas, ao mesmo tempo, os conteúdos curriculares devem procurar contemplar as expectativas em relação à inserção em setores profissionais, onde procura-se capacitar indivíduos para a resolução dos problemas colocados pela realidade social.

No entanto, ao considerar-se a natureza eminentemente diversificada e dinâmica desta realidade, verifica-se a impossibilidade de atender, com um currículo compatível em tamanho com as demandas pedagógicas e didáticas, sequer a uma razoável parte do grande número destas especificidades.

Assim, centrados no conhecimento fundamental de cada área e respeitando a necessária concisão de seus conteúdos, restaria aos currículos agregarem uma pequena parte desta diversidade, a partir da incorporação de particularidades institucionais e regionais, dando origem a grades curriculares específicas e diferentes entre si.

Definidos estes conteúdos - os do Núcleo e de alguns poucos aspectos particulares - um conjunto compacto de disciplinas a eles se associa, mas sempre garantindo que a sua distribuição, formulação e integração possam deixar explícito o cará-

ter essencial ou particular do conhecimento que as constitui. Este é um imperativo pedagógico que se vincula à possibilidade de formação de indivíduos que, identificando a própria estruturação interna da área de conhecimento, estejam aptos ao acompanhamento das transformações trazidas pelo desenvolvimento científico e tecnológico.

A grade curricular resultante, como parte integrante e indissociável, se encontra inserida em uma estratégia global para o ensino universitário ao nível de graduação. Este, no que concerne a diplomação nas diferentes áreas de conhecimento, de indivíduos aptos a se inserirem em setores profissionais, deve ter como objetivo permanente a que os egressos sejam capazes de interpretar, criticar e operar sobre o conhecimento acumulado em cada área.

Deste ponto de vista, nenhum currículo consegue se viabilizar plenamente, sem uma estrutura pedagógica que torne efetivo, por parte dos alunos, um real domínio sobre estes conteúdos. Este domínio só pode ser construído a partir de uma integração mais efetiva destes no processo de aprendizagem. A absorção, e mesmo o entendimento dos conteúdos apresentados, por si sós, não serão suficientes para a realização deste objetivo. É indispensável o desenvolvimento de todo um trabalho de reelaboração conceitual próprio que permita, a partir da mesma base de fundamentos transmitida, reconstruí-la, transformando-a, assim, em uma nova estrutura, orgânica e dinamicamente constituída, a partir da qual podem se ampliar indefinidamente os horizontes para a aplicação do saber adquirido.

Para tanto, faz-se necessária a indução dos alunos ao processo de reconstrução conceitual através de diversas atividades extra-classe orientadas, individuais ou em grupo, que, entre outras, podem incluir: exposição à multiplicidade de referências bibliográficas, contato prévio com o tema das aulas, resolução de problemas e exercícios,

enfrentamento de questões abertas, o uso frequente das bibliotecas, dos laboratórios e das instalações de informática, etc. Para isto o tempo fora da sala de aula é indispensável e, deve ser incorporado no projeto curricular e didático.

Para viabilizar estes objetivos é fundamental a reformulação dos atuais paradigmas curriculares. Esta reformulação deve ser conduzida de modo a reduzir tanto o número de créditos totais(carga horária) como o de disciplinas, ao mesmo tempo que aumentando a relação entre os créditos eletivos(conteúdos particulares) e os obrigatórios(conteúdos essenciais), no sentido de explicitar os conteúdos curriculares fundamentais.

Inseridas neste novo contexto, onde a quantidade de aulas deve ser reduzida e os alunos são direcionados a se envolverem mais em atividades orientadas extra-classe, é evidente que o enfoque destas aulas e a própria natureza da atividade do professor têm que acompanhar esta diferente dinâmica curricular.

Em relação às aulas, deve-se reenforçá-las no sentido de privilegiar a abordagem dos aspectos essenciais, tornando-as um momento mais de reflexão sobre os fundamentos do que de aplicação sobre as particularidades; mais de um esforço crítico coletivo do que de exposição submissa a conteúdos descritivos.

Aos docentes se coloca a necessidade de um acompanhamento e uma orientação permanente das atividades desenvolvidas extra-classe, ao mesmo tempo que se apresentam também os desafios da constante atualização do material didático e do preparo dos instrumentos para a condução das aulas com os novos objetivos.

Neste ponto, é fundamental ressaltar que, sem um corpo docente aberto e consciente para a necessidade de uma profunda e permanente reflexão pedagógica, não há estrutura curricular que se viabilize integralmente.

CONCRETIZANDO IDÉIAS:

ENGENHARIA QUÍMICA

1 - Em busca dos conteúdos essenciais

Enquanto área de conhecimento, a Engenharia Química não deve ser entendida como um conjunto de técnicas desconectadas entre si, ou uma reunião de práticas acumuladas historicamente. Ao contrário, deve-se percebê-la como um corpo teórico que propicia, a partir de uma representação científica da natureza, uma visão articulada sobre diversas realidades tecnológicas. Estas se encontram, em geral, associadas a unidades de processamento que objetivam a transformação de matérias-primas em produtos (químicos) voltados a aplicações específicas. Sendo assim, este corpo teórico deve conduzir, paralelamente à compreensão dos fenômenos naturais envolvidos, à sistematização e representação das etapas de concepção, dimensionamento, operação e conexão destas unidades.

Com base nesta visão, e a partir da análise de diversas experiências curriculares, pode-se afirmar que o consenso produzido na definição de quais seriam os conteúdos essenciais para a Engenharia Química nos leva aos seguintes grupos, apresentados a seguir, na ordem que a sua hierarquia intrínseca sugere, ou seja, do mais fundamental para o mais aplicado. Estes são, portanto, os conteúdos com potencial para a constituição do Núcleo.

CIÊNCIAS BÁSICAS

Constituem o suporte científico geral e indispensável para a compreensão e representação dos fenômenos naturais que se encontram na essência dos objetos de análise da Engenharia Química. Aqui, é importante salientar que estes fenômenos não se particularizam na Engenharia Química, mas ao contrário, esta é que, enquanto área de conhecimento, se apresenta como a concretização de algumas de suas aplicações tecnológicas. Neste sentido, se apresentariam como ciências básicas:

· Matemática

- Física
- Química

FUNDAMENTOS DA ENGENHARIA QUÍMICA

Apesar de guardarem estreita vinculação com as ciências básicas, destacam-se destas, para efeito de sistematização, por se constituírem em paradigma interpretativo de todos os processos analisados. O conhecimento essencial inerente à Engenharia Química se estruturaria, então, a partir de :

- Fenômenos de Transporte
- Termodinâmica
- Cinética

APLICAÇÕES PRIMÁRIAS

Compreendido como realidade tecnológica, o objeto de atenção da Engenharia Química não pode ser interpretado como a mera justaposição de fenômenos naturais. Faz-se necessário um conhecimento que propicie a estruturação e sistematização dos procedimentos para a utilização integrada destes fenômenos com objetivos precisos. O essencial deste conhecimento se encontraria em:

- Operações de transferência energética: Calor e trabalho mecânico
- Sistemas Particulados - Separação Sólido/Fuido
- Operações em Estágios - Separação de componentes entre fases
- Análise e Cálculo de Reatores
- Controle de Processos

CONTEÚDOS DE INTEGRAÇÃO

Voltam-se à construção de uma visão sistêmica sobre as diferentes unidades e a sua inter-relação

na estrutura dos processos. Permitem ainda a incorporação de diversos fatores exógenos (econômicos, ambientais, etc.) como restrições adicionais aos problemas analisados. Exemplos típicos são:

- Balanços globais de massa e energia
- Projeto(ou Engenharia)de Processos

É importante notar que, no quadro delineado, a Engenharia Química não se beneficia, na mesma dimensão, de conteúdos teóricos extremamente importantes, e essenciais, em outros campos de atuação da engenharia, deixando flagrante a inadequação de argumentos no sentido de forçar a sua integração em ciclos de pretensa formação básica comun. Exemplos típicos são os conteúdos associados à Mecânica e à Eletricidade, fora do contexto mais geral da Física.

Do mesmo modo, conteúdos vagos, comumente referidos como Química Industrial, Processos ou Tecnologias Químicas e Materiais da Indústria Química, por serem essencialmente descritivos, devem ser evitados na constituição do Núcleo, visto se prestarem mais como objeto de leituras complementares ou como um mecanismo de direcionamento curricular visando as características de um parque industrial local.

2 - CARACTERÍSTICAS DESEJÁVEIS PARA OS DIPLOMADOS

Tendo em vista os novos contornos pedagógicos sugeridos pode-se, realisticamente, colocar como meta para o projeto curricular que, ao final, os diplomados em Engenharia Química pudessem ser capazes de:

· Desenvolver uma relação com o conhecimento adquirido que os tornem aptos a:

1. identificar a sua estrutura hierárquica intrínseca, onde os níveis mais fundamentais de análise se agregam sucessivamente para a repre-

sentação e compreensão da natureza e das realidades tecnológicas.

2. operar sobre este conhecimento de forma crítica e criativa, ao mesmo tempo que tomando as iniciativas necessárias a superar possíveis dificuldades.
3. articular uma abordagem sistêmica do particular para o geral(síntese) e do geral para o particular(análise)
4. perceber que estes mecanismos, quando integrados, levam à possibilidade efetiva de enfrentamento de qualquer problema real.

- Entender a graduação como a etapa inicial, formal, que constrói a base para o contínuo - e necessário - processo individual de aprendizagem.

- Identificar, em cada diferente momento histórico, os caminhos e as oportunidades para a sua inserção profissional em setores do mercado de trabalho.

- Perceber a complexidade envolvida nos problemas concretos colocados pela realidade social, ao mesmo tempo que identificando a sua potencial participação em um esforço multi-disciplinar e coletivo de resolução.

CONCLUSÃO

Na perspectiva aqui apresentada um projeto curricular deverá ser concebido a partir da explicitação de objetivos globais em relação a questões vinculadas à forma e ao conteúdo. A primeira ordem de questões deve considerar o tipo de relação com o conhecimento que se espera construir ao longo do processo de formação, e os mecanismos, didáticos e pedagógicos, necessários a sua efetiva realização. Na segunda deve ser buscado o conjunto mínimo de conceitos e relações essenciais que, por constituírem a base, permitam a reconstrução da totalidade deste conhecimento; e ainda, a melhor forma para sua distribuição em termos de disciplinas, de modo a conseguir a maior organicidade e integração entre elas.

Muito embora as idéias apresentadas neste trabalho se direcionem no sentido da busca de novos paradigmas para os processos de elaboração curricular, ao finalizar este texto, seria importante fazê-lo salientando o quanto a pluralidade de experiências curriculares é decisiva para que sejam encontrados os caminhos mais adequados no sentido de se obter a melhor formação possível, tanto na área de engenharia química como em qualquer outra área de conhecimento. É no confronto permanente destas experiências que se pode obter um dinamismo no processo de busca de soluções para o sempre presente desafio dos problemas educacionais. Ao assumir a riqueza inerente à multiplicidade, se estará, ao mesmo tempo, fazendo uma opção clara pelos processos que possam levar à construção do consenso em detrimento dos mecanismos autoritários e arrogantes da imposição de normas.

BIBLIOGRAFIA

BRASIL, Lei 9394, 20 de dezembro de 1996 - LDB, fixa as diretrizes e bases da educação nacional

de ALMEIDA, André, M. J. Cardoso, M. Castier, J. L. Medeiros, A. Renault e F. W. Tavares; Engenharia Química : Reformulando o Currículo para Transformar o Ensino; Anais do IV Encontro Brasileiro sobre o Ensino de Engenharia Química (ENBEQ) - Itatiaia/RJ - (1991)

PEREIRA, Luis T.V. e W.A. Bazzo, Ensino de Engenharia - na busca de seu aprimoramento, Ed. da UFSC - 1997

BAZZO, Walter A. e L.T.V. Pereira, Introdução à Engenharia, Ed. UFSC - 1996

SUGESTÕES DE COMO PREPARAR E EDITAR UM RELATÓRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

Benedito Antonio Luciano, Doutor
Departamento de Engenharia Elétrica
Universidade Federal da Paraíba
Caixa Postal 10105
58109 970 Campina Grande - PB
E-mail: benedito@dee.ufpb.br

Resumo.-: São apresentadas algumas sugestões de como preparar e editar um relatório de iniciação científica, tomando como base recomendações de cunho prático presentes na literatura específica e a própria experiência do autor nesse tipo de atividade acadêmica.

Palavras Chave.-: Ensino de engenharia, documentação acadêmica, iniciação científica.

Abstract.-: This paper presents some suggestions how to organize and prepare scientific initiation report, based on the specific practical literature and the author's experience in this academic activity.

Key Words.-: Engineering education, academic documentation, scientific report.

1. INTRODUÇÃO

A elaboração de RELATÓRIOS é uma das tarefas que o futuro profissional da engenharia começa a exercitar logo nos primeiros anos de sua vida acadêmica. Em geral, não havendo uma padronização em como elaborar estes documentos, a tendência do aluno é copiar o estilo, ou padrão, de um RELATÓRIO anteriormente elaborado por algum colega.

Certamente, tal procedimento não está de todo incorreto. Entretanto, seria mais aconselhável que os professores orientadores lançassem mão da experiência profissional para prover o(s) aluno(s) de um instrumento capaz de norteá-lo(s), metodologicamente, nas etapas que envolvem o processo de investigação, anotações, organização dos dados e outras rotinas anteriores à elaboração do RELATÓRIO propriamente dito.

Assim, sem a pretensão de propor um manual, seguem-se algumas sugestões básicas para que o aluno de iniciação científica prepare e elabore o seu RELATÓRIO de Iniciação Científica (IC), de acordo com as expectativas mínimas que se esperam de um documento técnico de qualidade.

2. METODOLOGIA

2.1. Quando estiver desenvolvendo estudos teóricos (pesquisa bibliográfica) ou experimentais, não se esqueça de fazer anotações de tudo o que você achar relevante para a elaboração do RELATÓRIO. Por exemplo: referência completa do livro ou texto consultado (autor, título, ano de publicação, número de páginas, etc), características dos equipamentos (finalidades, fabricantes, dados de placas, etc). Evite anotações em folhas separadas. Um caderno específico para essas anotações é aconselhável.

2.2. Defina uma estrutura e, sempre que possível, vá escrevendo capítulos do RELATÓRIO. Isto irá evitar atropelos de última hora.

2.3. Antes de iniciar o processo de digitação do RELATÓRIO, escolha um editor eletrônico de texto que você domine (*Word*, *Scientific Word*, *Latex*, por exemplo). Isto vai favorecer o aumento de produtividade, menor ocorrência de erros e melhor uniformidade no trabalho editado. Procure estabelecer padrões de letras, espaçamentos, modo de citar referências e selecionar o editor de texto. Por uma questão estética, não modifique o modo de

diagramação de um capítulo para o outro. Figuras e Tabelas devem aparecer logo após terem sido referenciadas.

2.4. Quanto ao estilo, lembre-se que a redação de trabalhos técnico-científicos difere de outros tipos de composição, apresentando algumas características próprias quanto à estrutura e estilo. Isto significa que na linguagem científica, os assuntos devem ser tratados de maneira clara, direta e simples, com uma lógica e continuidade no desenvolvimento das idéias, cuja seqüência deve se apoiar em dados e provas e não em opiniões sem confirmação. Cada expressão empregada deve traduzir, com exatidão, o que se quer transmitir, especialmente no que diz respeito a registros de observações, medições e análises efetuadas. Indicar como, quando e onde os dados foram obtidos, especificando-se as limitações do trabalho e o embasamento teórico do mesmo. Evite expressões que não explicitem exatamente o tempo, modo ou lugar, tais como: *aproximadamente, antigamente, recentemente, lentamente*, nem expressões como *provavelmente, possivelmente, talvez*, que deixam margem a dúvidas sobre a lógica da argumentação ou clareza das hipóteses. É importante o uso de vocabulário adequado e de frases curtas, sem verbosidade, tendo-se como objetivo facilitar a leitura e prender a atenção do leitor.

2.5. A grafia dos símbolos das unidades legais no Brasil obedece algumas regras básicas, que devem ser observadas, como por exemplo: os símbolos são invariáveis, não sendo admitido colocar, após o símbolo, seja ponto de abreviatura, seja "s" de plural, sejam sinais, letras ou índices. Assim, o símbolo da unidade hora é sempre h, sem s no plural e imediatamente após o número, como na notação seguinte: 10h30min. Para informações mais detalhadas, consultar o que estabelece o Instituto Nacional de Pesos e Medidas sobre o assunto.

2.6. Ao terminar de editar o RELATÓRIO, deve-se providenciar uma revisão geral no mesmo, antes de entregá-lo ao professor para que o mesmo

proceda uma apreciação preliminar, ou libere o texto para ser encadernado.

2.7. Por fim, lembre-se que o seu RELATÓRIO é um documento que será, ou pelo menos deverá ser, consultado por outras pessoas. Desta forma, na qualidade de autor, toda pessoa tem responsabilidade na produção normalizada de documentos, sendo também de sua alçada facilitar a identificação, tratamento e o uso por todos quantos possam se interessar por eles, *Portanto, procure fazer com que o mesmo seja um reflexo da qualidade do seu trabalho!*

3. PARTES CONSTITUINTES DO RELATÓRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

3.1 **Capa.** Elemento de proteção e estética, nela devem constar os seguintes elementos:

- Nome da Instituição de Ensino Superior;
- Tipo do documento: RELATÓRIO (PARCIAL OU FINAL) DE BOLSA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA ;
- Nome do bolsista;
- Título do Projeto de Pesquisa;
- Nome do Orientador;
- Número do Processo;
- Período:...../ / 199_ a/ / 199_;
- *Texto:* Bolsa de Iniciação Científica suportada pelo Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento - CNPq, desenvolvida junto ao Departamento de Engenharia Elétrica - CCT/UFPB, por exemplo.

3.2 Página destinada às assinaturas

- Título do Trabalho;
- Nome do aluno bolsista de Iniciação Científica;

- Nome do professor orientador, seguido da titulação acadêmica do mesmo;
- Local e data.

3.3 SUMÁRIO

Denominado *Contents* em inglês, *Table des Matières* em francês, *Contenido* em espanhol e *Inhalt* em alemão, é a relação de capítulos e seções do trabalho, na ordem em que eles aparecem no trabalho. Não deve ser confundido com **índice**, que é a relação detalhada dos assuntos, nomes de pessoas, e outros, geralmente em ordem alfabética; **resumo**, que é a apresentação concisa do texto, destacando os aspectos de maior interesse e importância; e lista, que é a enumeração de elementos de apresentação de dados e informações (gráficos, tabelas etc) utilizados no trabalho.

O *Sumário* relaciona os assuntos com a respectiva numeração de páginas, indicando os itens e sub-itens que compõem o trabalho, finalizando com as Referências Bibliográficas.

3.4 Corpo do relatório:

De uma forma geral, o corpo de um RELATÓRIO de IC poderá ser dividido em seções numeradas com numerais arábicos, devendo constar dos seguintes itens:

INTRODUÇÃO

Apresentar neste item os objetivos do trabalho de IC, procurando contextualizá-lo; isto é, explicitar o papel do trabalho dentro dos objetivos mais amplos do Projeto de Pesquisa desenvolvida pelo professor orientador e seus colaboradores.

Caso o RELATÓRIO descreva atividades teóricas e práticas, o mesmo poderá ser subdividido da seguinte forma:

ATIVIDADES TEÓRICAS

O texto pode ser iniciado da seguinte forma: "Objetivando dar embasamento teórico aos estu-

dos experimentais, descritos no item subsequente, foram desenvolvidos estudos de revisão bibliográfica sobre o tema (citar o tema da pesquisa), cujo resumo será apresentado a seguir:". É bom lembrar que a bibliografia revista deve estar necessariamente articulada com a fundamentação e as delimitações do estudo. Efetivamente, um capítulo preenchido com citações não relacionadas sacrifica a idéia de revisão bibliográfica.

ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

Descrever **materiais e métodos**, onde são descritos: aparelhagem, instalações, recursos informáticos empregados nos trabalhos realizados em laboratórios, apresentando os resultados obtidos. Use, preferencialmente, o SI de unidades. Nas equações, as variáveis devem ser expressas em tipo *itálico*, enquanto as matrizes e ou vetores devem ser apresentados em tipo **negrito**. Os dados referentes aos resultados experimentais devem ser expressos em formas verbais indicativas de passado>, *onde são descritos: aparelhagem, instalações, onde, onde são descritos: aparelhagem, instalações, recursos informático, onde são descritos: aparelhagem, instalações, recursos informático, onde são descritos: aparelhagem, instalações, recursos informáticos empregados nos trabalhos realizados em laboratórios, apresentando os resultados obtidos. Use, pr, onde são descritos: aparelhagem, instalações, recursos informáticos empregados nos trabalhos realizados em laboratórios, apresentando os resultados obtidos. Use, preferencialmente, o SI de unidades. Nas equações, as variáveis devem ser expressas em tipo itálico, enquanto as matrizes e ou vetores devem ser apresentados em tipo negrito. Os dados referentes aos resultados experimentais deve*

Os quadros de tabelas devem ser indicados pela palavra TABELA, seguida de um numeral arábico e de um texto a ela associados. O título da TABELA deve ser colocado acima do quadro da tabela. A referência a uma tabela, em particular, deve ser feita pelo seu numeral, por exemplo: "... de acordo com a Tabela 4..."

PARTICIPAÇÃO EM EVENTOS CIENTÍFICOS

Apresentar as informações referente(s) ao(s) trabalho(s) apresentado(s) em congresso(s), seminário(s) etc. Nestas informações devem constar o nome do evento, local, data, resumo do trabalho, cópia do programa do evento, em que conste a apresentação do trabalho e, em anexo, podem ser apresentadas cópias das transparências e certificado de participação no referido evento.

ATIVIDADES FUTURAS

Este item só se aplica no caso de RELATÓRIOS PARCIAIS, onde devem ser descritas as atividades programadas para o restante do período de duração da bolsa. Nos RELATÓRIOS FINAIS, poderá ser reservado um capítulo específico às sugestões de prosseguimento ou desdobramento do tema desenvolvido ao longo do trabalho de pesquisa relatado.

CONCLUSÕES

Neste item, devem ser apresentadas as considerações finais sobre as atividades desenvolvidas de IC, abordando as deduções lógicas ou as aplicações concretas, fundamentadas no texto e não as conclusões técnicas sobre o projeto de pesquisa geral. O texto das conclusões deve ser breve e basear-se em dados comprovados, procurando destacar o alcance e as conseqüências de suas contribuições, bem como seu possível mérito.

ANEXOS (OU APÊNDICES)

Opcionais. Porém, obrigatórios, caso tenham sido citados no corpo do RELATÓRIO. Podem compor os ANEXOS, demonstrações auxiliares, listagem de programas computacionais, diagramas de placas de circuitos, fotografias, desenhos, etc, sobretudo se forem em grande número e não for recomendável a sua inserção no próprio texto. Os anexos são numerados em algarismos arábicos, seguidos do título.

CITAÇÕES

Os itens da referência bibliográfica devem ser citados no corpo do texto do Relatório de IC pelo sobrenome do primeiro autor e pelo ano da publicação. Quando o trabalho referenciado tiver dois autores, a citação deve ser feita pelo sobrenome dos dois autores (Fulano e Sicrano) seguido do ano da publicação. Quando a obra tem até três autores, mencionam-se todos na entrada, na ordem em que aparecem na publicação, separados por ponto e vírgula. Entretanto, se há mais de três autores, mencionam-se até os três primeiros, separados por ponto e vírgula, seguidos da expressão latina **et alli** (abrevia-se **et al.**), que quer dizer “e outros”. Sociedades, organizações, instituições podem ser autores, tendo seus nomes escritos em maiúsculas. Exemplo: UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA. Unidades subordinadas são mencionadas após o nome da instituição, separadas por ponto e com iniciais maiúsculas. Exemplo: UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA. Centro de Ciências e Tecnologia. Departamento de Engenharia Elétrica. Entidades de natureza científica, cultural ou artística entram por seu próprio nome. Exemplo: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSINO DE ENGENHARIA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

As **referências bibliográficas** são a relação das fontes utilizadas pelo autor. São obrigatórias e **não devem ser confundidas com bibliografia**, que é a relação alfabética, cronológica ou sistemática de documentos sobre determinado assunto ou determinado autor. Todas as obras citadas no texto devem obrigatoriamente figurar nas referências bibliográficas, que devem ser apresentadas no final do Relatório de IC, de acordo com as normas gerais que norteiam as redações técnicas. O ideal da apresentação bibliográfica é fazê-la obedecendo o que estabelecem as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Entretanto, se por algum motivo, isto não for possível, pelo menos, as seguintes recomendações devem ser observadas: a) referências bibliográficas obedecendo

rigorosamente a ordem alfabética dos sobrenomes dos autores consultados; b) citações de livros, artigos e documentos técnicos/científicos, começando pelo sobrenome, seguido do nome do autor, título da obra, local da edição, seguido de dois pontos, editora e ano da publicação; c) no caso de periódicos, citar o sobrenome do autor, nome, título do artigo, nome do periódico, volume, ano e páginas: inicial e final do artigo. Por fim, uma observação adicional: o excesso de citações bibliográficas não usadas na elaboração do relatório de IC, pode resultar numa impressão de exibicionismo por parte de quem o elaborou. Este cuidado especial também deve ser tomado com relação à "revisão bibliográfica". Sugere-se indicar apenas os autores e trabalhos que efetivamente serviram de base para o trabalho de pesquisa relatado.

4. CONCLUSÕES

Sem a menor pretensão de estabelecer normas ou ser um manual, foram apresentadas algumas sugestões básicas, à guisa de contribuição, para que o aluno de iniciação científica prepare e elabore o seu RELATÓRIO de IC, de acordo com as expectativas mínimas que se esperam de um documento técnico-científico de qualidade.

6- AGRADECIMENTOS

Aos colegas professores: Ademir Montes Ferreira (DEC/CCT/UFPB), João Tertuliano (DF/CCT/UFPB), Marcos Antonio Barbosa de Melo (DEE/CCT/UFPB) e Paulo de Almeida Pinto (DME/CCT/UFPB), pelas valiosas sugestões.

5- BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **Normalização da documentação no Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Bibliografia e Documentação, 1989.

CASTRO, Cláudio de Moura. **Estrutura e apresentação de publicações científicas**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1976, 70 p.

CUNHA, Celso Ferreira da. **Gramática de base**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981.

MEDEIROS FILHO, Solon. de. **Fundamentos de Medidas Elétricas**. Recife: Editora Universitária, 1979.

PERES, José Augusto. **A elaboração do projeto de pesquisa**. João Pessoa: Micrográfica, 1989. 84 p.

REY, Luís. **Como redigir trabalhos científicos**. São Paulo: Edgar Blücher, Ed. da USP, 1972. 128 p.

SACCONI, Luiz Antonio. **Não erre mais!** 17ª edição revista e aumentada. São Paulo: Atual, 1993. 421 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. BIBLIOTECA CENTRAL. **Normas para apresentação de trabalhos**. Curitiba: Editora UFPR, 1996.

ESTUDO DO CONTROLE DA QUALIDADE E ERROS DE ENGRENAMENTO EM ENGRENAGENS CILÍNDRICAS

JORGENEIBRITO

FUNREI - Departamento de Mecânica

Praça Frei Orlando, 170 - São João del Rei - MG - CEP.:36300-000

Fones: (032) 379-2529 (032) 9981-2419

E-mail: brito@gelnet.com.br

FRANCISCO PAULO LÉPORE NETO

UFU - Departamento de Mecânica

Av. Universitária S/N - Bairro Santa Mônica - CEP.: 38400-902

Resumo.-: Este trabalho apresenta uma análise da qualidade dimensional das engrenagens cilíndricas, mostrando detalhadamente o controle do dentado, onde serão definidos os desvios, os valores obtidos experimentalmente e os valores segundo ABNT. Também são apresentados os principais equipamentos e técnicas utilizadas para inspecionar os vários tipos de dentes de engrenagens, constituindo-se numa ferramenta didática para as aulas de Elementos de Máquinas.

Palavra Chave.-: Engrenagem - Controle do Dentado - Fabricação de Engrenagens.

Abstract.-: An analysis of dimensional quality of cylindrical gears is presented. This work shows the detailing of gear's teeth and its variation, the experimental values and the comparison with NBR 10095. The main equipments and techniques used to control the various types of gear's teeth are also presented. This paper is also a didactic tool especially for teaching of Machinery Elements.

Key Words.-: Gears - Quality Classes for Gears - Gear Cutting

1 - INTRODUÇÃO

Na fabricação de engrenagens ocorrem erros devido a vários fatores, como em qualquer processo de fabricação. Estes erros podem ocorrer em maior ou menor escala, justificando a importância e a necessidade de controle dos erros de uma engrenagem.

Para que se possa controlar os erros da fabricação de engrenagens, é necessário acompanhar todo o processo de manufatura e funcionamento. No processo de manufatura englobam-se todas as operações necessárias, desde a preparação do blanque para o corte dos dentes, seguindo-se as operações de corte, operações de acabamento, tratamento térmico e controle metalográfico. No processo de funcionamento, entende-se a montagem da engrenagem com uma engrenagem pa-

drão, em disposição análoga à de funcionamento real.

A forma mais racional de se estudar os erros de fabricação é dividi-los em três categorias principais: controle do blanque como corpo da engrenagem, controle do dentado e controle do dentado em posição de funcionamento.

A Figura 1 apresenta um diagrama com a divisão do campo de inspeção e os principais erros que devem ser controlados em cada categoria.

Silva [1] apresentou um estudo da qualidade dimensional de engrenagens cilíndricas evolventes normais, de ângulo de pressão 20°, produzidas por quatro processos, medindo e comparando seis desvios geométricos nas engrenagens: o desvio de passo de base, o desvio de perfil, a folga radial, o desvio radial composto total, o desvio radial com-

posto individual e o desvio de espessura. Através destes desvios, as engrenagens foram classificadas em classes de precisão, com o que foi possível obter as faixas de qualidade alcançadas em cada processo.

Brito [2] apresentou uma metodologia para identificar a influência de defeitos gerados pelo desgaste e ou erosão do perfil ativo de dentes de engrenagens cilíndricas de dentes retos, sobre as vibrações medidas em redutores de velocidade. O conhecimento prévio dos erros de fabricação é importante para o entendimento do estudo destes defeitos.

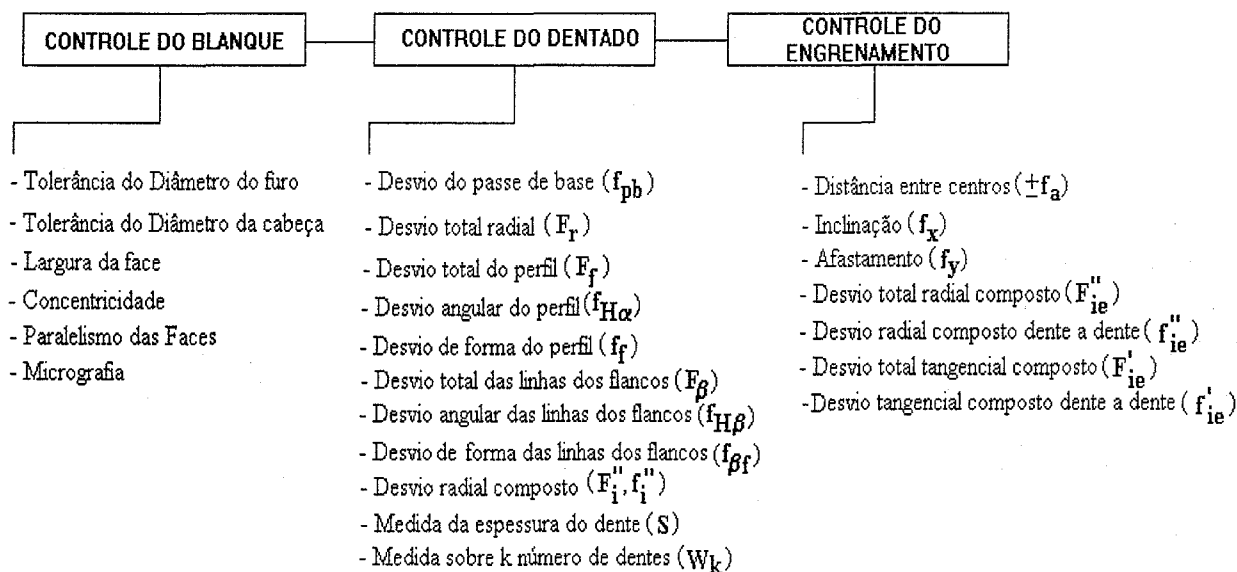


Figura 1 - Campo de inspeção das engrenagens.

A motivação deste trabalho é apresentar um estudo da qualidade dimensional de engrenagens cilíndricas, que poderá transformar-se em uma ferramenta importante para professores ligados ao ensino de transmissões de potências, em especial às relacionadas com sistemas engrenados. Através da apresentação detalhada do controle do dentado, onde serão definidos os desvios, os valores obtidos experimentalmente e os valores segundo ABNT [3], os alunos de Engenharia Mecânica poderão entender melhor a necessidade do controle dos sistemas engrenados, podendo definir melhor a qualidade da engrenagem a ser projetada e checar os gráficos emitidos pelos fabricantes. Estes acadêmicos também poderão se familiarizar com a grande variedade de equipamentos e técnicas que são utilizados para inspecionar os vários tipos de dentes de engrenagens.

Este estudo foi realizado em quatro engrenagens cilíndricas de dentes retos, fabricadas pela Flender do Brasil, conforme desenho mostrado no

Anexo, sendo que os resultados apresentados referem-se apenas a uma dessas engrenagens.

2 - CONTROLE DO DENTADO

2.1 - DESVIO DO PASSE DE BASE (f_{pb})

O desvio do passo de base é a diferença algébrica entre o passo de base medido e o passo de base calculado. Uma das possibilidades de se medir o desvio individual do passo de base é ao longo da linha de ação, conforme ilustra a Figura 2, onde $AB = pb =$ passo de base.

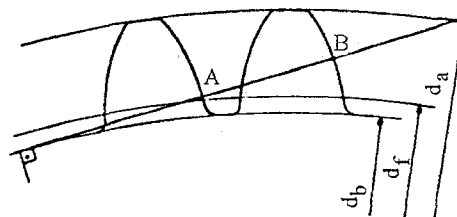


Figura 2 - Passo de base.

Para a medição do passo de base, utilizou-se o aparelho MAAG ZURICH, tipo TML N° 400069, para passos de base de 0.5 a 8.0 mm, resolução 0.001 mm. Este aparelho acusa apenas os desvios relativos dos passos.

Para cada engrenagem, mediu-se dente a dente anotando-se os valores, tanto para o flanco esquerdo quanto para o flanco direito, tirando-se a média entre eles para cada dente. Após feitas as leituras tirou-se a média das médias, para se calcular o desvio do passo de base, sendo F_{pb} = maior média individual dos dentes - média das médias e f_{pb} = média das médias - menor média individual dos dentes. O maior valor entre F_{pb} e f_{pb} é o passo de base da engrenagem. Este é o valor que será comparado com o admissível dado pela Norma [3]. A Tabela 1 mostra estes desvios para a engrenagem dois.

O desvio de passo na fabricação da engrenagem é provocado por vários fatores: a precisão no passo da ferramenta, folga das máquinas, o movimento excêntrico entre ferramenta e blanque e, no caso do processo dente a dente, o erro no divisor. Este desvio provoca o aparecimento de "componentes fantasmas" no espectro da vibração do engrenamento, cujas amplitudes tendem a desaparecer com o desgaste natural dos dentes, Randal [4] e [5].

2.2 - DESVIO TOTAL RADIAL (F_r)

O desvio total radial mede a excentricidade da engrenagem. A medição é feita pelo processo de roletes de contato intercalados no vão entre dentes. Os roletes usados devem estar em contato com os flancos nas proximidades do círculo primitivo, para que um erro do engrenamento influa o menos possível nos resultados da medição.

Através de um relógio comparador apoiado na direção radial, observa-se a maior e a menor leitura durante uma revolução completa na engrenagem, sendo a diferença entre elas o desvio total radial.

O aparelho utilizado é o medidor de

concentricidade marca CARL ZEISS JENA M200, para diâmetros até 200 mm com resolução de 0,001 mm. Para cada vão das engrenagens foram feitas três leituras, tendo como resultado a média entre elas. Dessas médias tirou-se a maior e menor leitura, obtendo-se o desvio total radial, (Tabela 1).

O desvio total radial é uma composição da excentricidade do blanque, do erro de montagem da engrenagem no suporte entre pontas e dos defeitos de fabricação de todos os dentes. Este desvio tende a provocar esmagamento dos dentes durante o engrenamento, gerando vibrações e ruído durante o funcionamento, cujas frequências aparecem moduladas em amplitude com as demais irregularidades nos dentes das engrenagens. Caso os desvios radiais sejam elevados, as forças de contato sofrem variações significativas, provocando flutuações nas velocidades de rotação das engrenagens e conseqüentemente as vibrações serão também moduladas em frequência.

2.3 - DESVIO TOTAL DO PERFIL (F_f)

O desvio total do perfil é a distância medida ao longo de dois perfis de referências, a qual contém o perfil real, como ilustra a Figura 3, onde h_w é a altura de funcionamento do dente e B é o chanfro (correção da cabeça). A região de observação é compreendida entre o diâmetro de cabeça e o diâmetro de base, ou seja, a zona de contato real do dente.

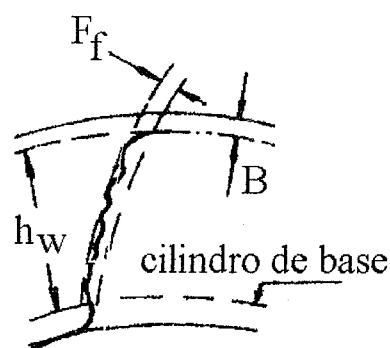


Figura 3 - Desvio total de perfil.

No registro feito pelo aparelho de medição, os valores de medição são lidos na direção perpendicular do papel, ou seja, em um registro, conforme a Figura 4, perpendicularmente às retas AA, que corresponde ao registro de uma evolvente nominal, DIN [6].

O desvio total do perfil, (1), é a dimensão lida perpendicularmente à direção de avanço do papel, entre as linhas AA e A'A'. Para o traçado do perfil das evolventes, utilizou-se a máquina de medição marca KLINGELBERG, modelo PFSU-1200, de propriedade da FLENDER.

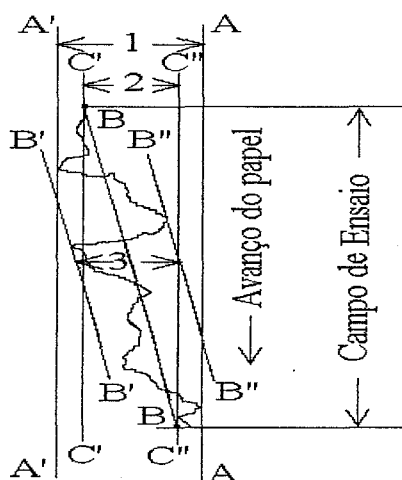


Figura 4 - Registro e vista geral sobre os desvios.

Para o levantamento do gráfico do perfil, coloca-se a engrenagem a ser ensaiada em um mandril apropriado e ajusta-se a máquina em função dos dados da evolvente e direção. Para obtenção dos gráficos do perfil, tomou-se três dentes dispostos aproximadamente a 120° , deslocando-se o apalpador sobre os flancos direito e esquerdo dos dentes escolhidos, conforme Figura 5. O gráfico obtido na PFSU -1200, para a engrenagem 2, está mostrado na Figura 6, e os resultados na Tabela 1.

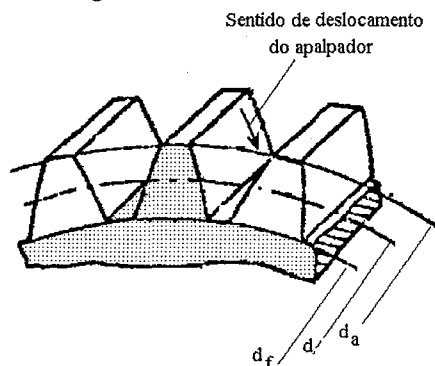


Figura 5 - Medição do gráfico.

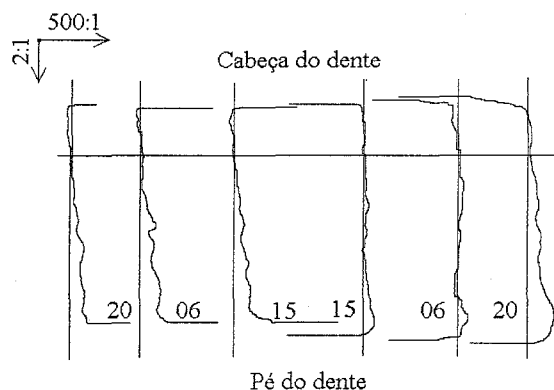


Figura 6 - Gráficos do perfil gerados pela PFSU - 1200 - dentes: 20 - 06- 15.

O desvio total do perfil resulta principalmente dos próprios erros introduzidos pela ferramenta de corte (ferramentas defeituosas, mal afiadas, etc.). Pode também, resultar de deficiências no cinematiso do mecanismo de obtenção do dente.

2.4 - DESVIO ANGULAR DO PERFIL (F_{HA})

O desvio angular do perfil, representado na Figura 4 pelo índice (2), é a distância entre os dois perfis nominais que no ponto inicial interceptam as evolventes do diâmetro efetivo de base. É a dimensão lida perpendicularmente à direção de avanço do papel entre as linhas C'C' e C''C'', paralelas à linha AA, que no ponto inicial e final do campo de ensaio do perfil interceptam a linha BB.

Os desvios angulares do perfil, para a engrenagem dois, obtidos através dos gráficos da Figura 6 estão na Tabela 1. Em virtude da ABNT [3] não mencionar este desvio, os valores experimentais serão comparados com o valor do desenho Flender, Anexo, que se baseia nas normas DIN.

O desvio angular do perfil é provocado por um desvio do ângulo de pressão ou por excentricidade do círculo de base.

2.5 - DESVIO DE FORMA DO PERFIL (f_f)

O desvio de forma do perfil, representado na

Figura 4 pelo índice (3), é a distância entre duas evolventes do diâmetro de base, que dentro do ensaio do perfil inscreve-se o perfil efetivo, fazendo contato com este. É a dimensão lida perpendicularmente à direção de avanço do papel, entre as linhas B'B' e B''B'' paralelas à evolvente efetiva BB, linhas estas que tocam o registro dentro do campo de ensaio do perfil.

Os desvios de forma do perfil, para a engrenagem 2, obtidos através dos gráficos da Figura 6 estão na Tabela 1. Da mesma forma que o desvio angular do perfil, a ABNT [3] não menciona este desvio, sendo os valores experimentais comparados com os do Anexo.

2.6 - DESVIO TOTAL DAS LINHAS DOS FLANCOS (F_β)

O desvio total das linhas dos flancos é a distância entre duas linhas normais dos flancos, cujo campo é utilizado pelas linhas dos flancos para inscreverem ou tocarem o flanco do dente. Em um registro conforme a figura 4, o desvio total das linhas dos flancos, (1), é a dimensão lida perpendicularmente à direção de avanço do papel entre as linhas AA e A'A'. O traçado do flanco também foi gerado pela PFSU - 1200, de forma análoga ao traçado da evolvente.

Para obtenção dos gráficos do flanco, tomou-se três dentes dispostos aproximadamente a 120°, deslocando-se o apalpador sobre o diâmetro primitivo dos dentes assim escolhidos nos dois flancos e em sentido axial, Figura 7. Os gráficos obtidos na PFSU - 1200, para a engrenagem 2, estão mostrados na Figura 8, e os resultados estão na Tabela 1.

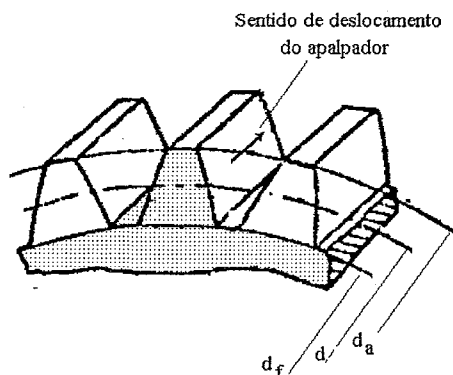


Figura 7 - Medição do gráfico do flanco.

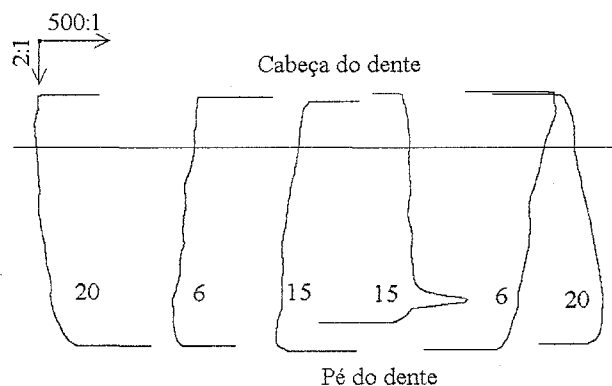


Figura 8 - Gráficos do flanco gerados pela PFSU - 1200 - dentes: 20 - 06 - 15.

2.7 - DESVIO ANGULAR DAS LINHAS DOS FLANCOS ($f_{H\beta}$)

O desvio angular das linhas dos flancos é a distância existente em um plano da secção aparente entre as duas linhas do flanco nominal. Este desvio está representado na Figura 4 pelo índice (2). Em um registro conforme Figura 4, é a dimensão lida perpendicularmente entre as linhas C'C' e C''C'', paralelas à linha AA, que no final do campo de ensaio das linhas dos flancos interceptam a linha BB.

Os desvios angulares das linhas dos flancos obtidos através dos gráficos da Figura 8, estão na Tabela 1. Em virtude da ABNT [3] não mencionar este desvio, os valores experimentais serão comparados com o valor do Anexo.

O desvio angular das linhas dos flancos é provocado por um desvio do ângulo de hélice ou por não-parallelismo entre a linha de centro do cubo da engrenagem e da árvore de rotação (batimento axial).

2.8 - DESVIO DE FORMA DAS LINHAS DOS FLANCOS ($f_{\beta f}$)

O desvio de forma das linhas dos flancos, representado na Figura 4 pelo índice (3), é a distância entre as duas linhas helicoidais com o passo helicoidal efetivo, que dentro do campo de ensaio

das linhas dos flancos inscreve e toca a linha do flanco efetivo. Em um registro de ensaio conforme a Figura 4, o desvio de forma das linhas dos flancos é a dimensão lida perpendicularmente à direção de avanço do papel entre as linhas B'B' e B''B'' paralelas à linha efetiva do flanco BB, e que tocam o registro dentro do campo de ensaio das linhas dos flancos.

Os desvios de forma das linhas dos flancos obtidos através dos gráficos da figura 8 estão na Tabela 1. Os valores experimentais serão comparados com os do Anexo.

2.9 - DESVIO RADIAL COMPOSTO

(F_i'', f_i'')

Um controle global, rápido e prático de uma engrenagem, consiste em acoplá-la com uma engrenagem padrão, para analisar se seus desvios em relação às engrenagens inspecionadas, podem ser aceitos.

À medida que as engrenagens se movimentam, as variações na distância entre centros são registradas num diagrama que tem o aspecto da Figura 9, onde F_i'' é o desvio radial composto total e f_i'' o desvio radial composto individual.

Os desvios de uma engrenagem padrão se enquadram em uma classe de qualidade especial de precisão elevada permitindo assim, que os desvios de diferentes engrenagens sejam comparáveis entre si.

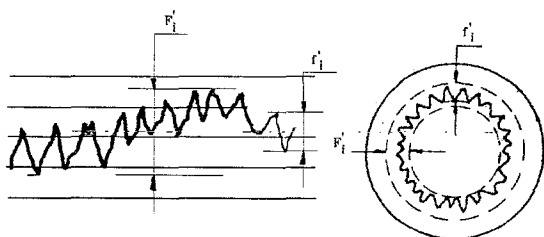


Figura 9 - Diagrama de desvio radial composto.

O desvio radial composto total é a soma da variação da excentricidade com a variação local

correspondendo a cada engrenamento de dente.

O desvio radial composto individual, devido à um dente específico, é um desvio localizado, influenciado pelas variações de perfil do dente, variações de seu respectivo passo e pelas variações de alinhamento no comprimento do engrenamento. Este desvio pode aparecer mesmo em superfícies bem acabadas.

Para a medição do desvio radial composto, utilizou-se o aparelho universal para verificação de engrenagens, marca VEB CARL ZEISS JENA. Adotou-se como vão de referência o vão utilizado para zerar o comparador. Em seguida retraiu-se o apalpador, através do carro superior do dispositivo, girou-se de um vão a engrenagem e soltou-se o carro. Bateu-se o apalpador três vezes e na última anotou-se o valor registrado no comparador. Este procedimento foi repetido para todos os dentes. Repetiu-se mais duas vezes, num total de três voltas da engrenagem, sendo que para cada vez zerou-se o comparador. O desvio de cada vão é a média aritmética das três leituras. Dessas médias tirou-se os valores do desvio radial composto, Tabela 1.

2. 10 - MEDIDA DA ESPESSURA DO DENTE (S)

Para se medir a espessura do dente usa-se um calibrador de espessura de dente, que mede a espessura cordal do dente, . O calibrador usado foi o micrômetro medidor de espessura de dentes de engrenagens, marca CARL ZEISS JENA, para módulos de 1.5 a 1.8 mm, resolução de 0.02 mm.

O calibrador para medir a espessura de dentes se apoia sobre a cabeça do dente, e é formado por duas réguas. A régua vertical serve para ajustar a distância da posição onde se mede a espessura do dente até o diâmetro de cabeça d_a . A régua horizontal serve para medir a espessura do dente S. As réguas deste instrumento podem se deslocar com leituras de 0.02 mm, com movimento dado por parafusos micrométricos. Como o micrômetro mede a espessura cordal, é necessário ajustar a

profundidade h_c do micrômetro para medir a corda no diâmetro primitivo, Figura 10.

A profundidade h_c , Júnior e Irogoyen [7] é dada pela expressão (9), onde r_a é o raio de cabeça, r é o raio primitivo, Z número de dentes e x o fator de correção. Para $r_a = 50$ mm, $r = 46$ mm, $Z = 23$ e $x = 0$, tem-se, $h_a = 4.1072$ mm. Este valor é colocado na régua vertical do calibrador.

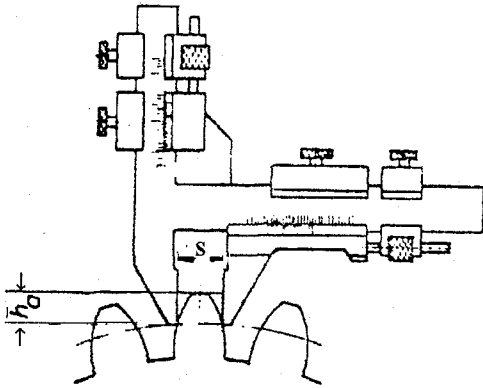


Figura 10 - Medida de espessura utilizando micrômetro.

$$h_c = r_a - r \cos \left[\frac{90^\circ}{Z} \left(1 + \frac{4x}{\pi} \tan \alpha \right) \right] \quad (9)$$

Como é impossível o alinhamento preciso do aparelho em relação ao dente medido, realizou-se dez medidas para cada dente eliminando-se os cinco menores valores. Devido ao desvio de concentricidade, a espessura do dente é variável ao longo da engrenagem. Para eliminar este problema mediu-se o dente diametralmente oposto ao dente inicialmente medido. Realizou-se dez medições no dente oposto, escolhendo os cinco maiores valores medidos.

A espessura cordal efetiva será dado por (10), onde $\bar{S}'$ é a média dos cinco menores valores do dente medido e $\bar{S}''$ a média dos cinco maiores valores do dente oposto.

$$\bar{S} = \frac{\bar{S}' + \bar{S}''}{2} \quad (10)$$

A espessura cordal teórica $\bar{S}_t$, pode ser cal-

culada pela expressão (11), onde, substituindo os valores acima, tem-se $\bar{S}_t = 6.28$ mm. Este é o valor teórico que será comparado com as medições feitas pelo micrômetro. Os valores experimentais e o teórico da medida da espessura do dente estão na Tabela 1.

$$\bar{S}_t = 2r \frac{\sin 90^\circ}{2} \left(1 + \frac{4x}{\pi} \tan \alpha \right) \quad (11)$$

2. 11 - MEDIDA SOBRE K NÚMEROS DE DENTES (W_k)

Medição sobre um dado número de dentes é a distância W entre dois planos paralelos a dois flancos externos de um determinado k número de dentes, Figura 11.

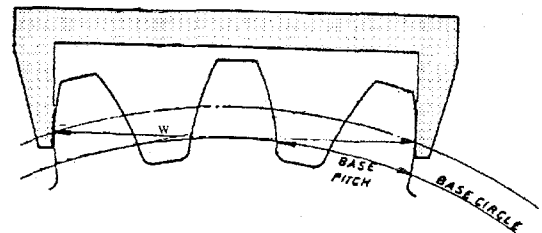


Figura 11 - Medida sobre k número de dentes.

Para medição da espessura W , utilizou-se um micrômetro de discos, marca TESA RENEWS/SUISSE, capacidade de medição de 25 a 50 mm, máximo erro 1mm. O número k de dentes que devem ser utilizados é calculado em função do número de dentes Z e do ângulo de pressão α , dado por (12). Para $Z = 23$ dentes e $\alpha = 20^\circ$, tem-se $k = 3$ dentes.

$$k = \frac{Z \alpha}{180^\circ} \quad (12)$$

Executou-se a medição cinco vezes sobre 3 dentes para cada engrenagem W' . Devido à variação da espessura do dente ao longo da engrenagem, executou-se cinco medições em posição diametralmente oposta à anterior W'' . A espessura efetiva w será dada por (13), onde $\bar{W}'$ é a média de W' e $\bar{W}''$ é a média de W'' .

$$\overline{W} = \frac{\overline{W}' + \overline{W}''}{2} \quad (13)$$

A distância teórica pode ser calculada por (14), onde m é o módulo, a é o ângulo de pressão, k o número de dentes a serem medidos, S espessura do dente, Z número de dentes da engrenagem e $inva$ a evolvente de a . Para $m = 4.0$ mm, $a = 20^\circ$, $k = 3$, $S = 6.28$ mm, $Z = 23$ e $inva = 0,0149$, tem-se $w = 30.81$ mm. Os valores experimentais e teórico da medida sobre 3 números de dentes são mos-

As engrenagens foram fabricadas para qualidade Q5, que corresponde às engrenagens utilizadas em redutores de velocidade.

Os resultados experimentais apresentados na Tabela 1, comparados com os valores teóricos, equivalentes à norma técnica da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, norma NBR 10095 [3], e os valores do desenho Flender, Anexo, comprovam que a engrenagem testada tem qualidade Q5.

Tabela 1 - Resultados do estudo do controle do dentado

CONTROLE DO DENTADO	VALOR EXPERIMENTAL [μ m]	VALOR TÉORICO [μ m]	DESENHO FLENDER [μ m]
DESVIO DO PASSE DA BASE	7.3	7.0	
DESVIO TOTAL RADIAL	32	27	
DESVIO TOTAL DO PERFIL	7.6	7.0	
DESVIO ANGULAR DO PERFIL	5.7		5.5
DESVIO DE FORMA DO PERFIL	7.4		7.0
DESVIO TOTAL DAS LINHAS DOS FLANCOS	7.4		7.0
DESVIO ANGULAR DAS LINHAS DOS FLANCOS	6.3		6.0
DESVIO DE FORMA DAS LINHAS DOS FLANCOS	4.7		4.5
DESVIO RADIAL COMPOSTO TOTAL	43	40	
DESVIO RADIAL COMPOSTO INDIVUAL	14	43	
MEDIDA DE ESPESSURA DO DENTE	6.20	6.28	
MEDIDA SOBRE TRÊS NÚMEROS DE DENTES	30.73	30.81	

trados na Tabela 1.

(14)

3 - RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os resultados do estudo do controle do dentado, realizado em quatro engrenagens cilíndricas de dentes retos, perfil evolvente, não corrigidas, com 23 dentes, ângulo de pressão $a = 20^\circ$, módulo $m = 4.0$ mm, material 17CrNiMo6, processo Fellows, fabricadas pela Flender do Brasil Ltda., de acordo com desenho mostrado no Anexo.

4 - CONCLUSÃO

O estudo do controle da qualidade e erros de engrenamento é realizado utilizando-se uma grande variedade de equipamentos e técnicas.

O controle das engrenagens foi realizado no Laboratório de Metrologia da UFU e Flender do Brasil Ltda. Procurou-se sempre que possível seguir as normas técnicas da ABNT.

Como a norma NBR 10095, que trata da precisão dimensional, não inclui o desvio angular do perfil, desvio de forma do perfil, os desvios total e de forma das linhas dos flancos e os desvios angulares das linhas dos flancos, neste trabalho foi ne-

cessário utilizar as normas DIN 3960, DIN 3963 e DIN 3967.

O controle da qualidade das engrenagens deve ser realizado no controle do blanque, no controle do dentado e no controle do engrenamento, sendo de vital importância para assegurar que todos os dados do projeto sejam realmente respeitados, evitando a introdução de fontes de erros no redutor quando colocado em funcionamento.

Os métodos de controle de qualidade de engrenagem, em sua maioria, não exigem equipamentos metrológicos complexos, e podem ser facilmente realizados pelo usuário e pequenos fabricantes. O conhecimento prévio dos erros de fabricação, assim como os defeitos de montagem do redutor, permitem prever os componentes do espectro que existirão, mesmo com o equipamento novo.

Sugere-se a agilização dos estudos sobre normalização de engrenagens por parte da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, especialmente sobre classes de precisão de engrenagens, visto que a única norma disponível sobre o assunto, NBR 10095, é incompleta e bastante discutível quanto a conceitos, definições, processos de medição de desvios, entre outros.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SILVA, M.B.; Estudo da Qualidade de Engrenagens Cilíndricas de Perfil Evolvente Não Corrigidas, Tese de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, 1991, 112p.
- [2] BRITO, J.N.; Estudo dos Efeitos dos Erros Geométricos e dos Defeitos Superficiais de Engrenamento no Comportamento Dinâmico de Redutores de Eixos Flexível, Tese de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, 1994, 106p.
- [3] NORMA 10095; Engrenagens Cilíndricas de Evolvente - Precisão Dimensional - Padroni-

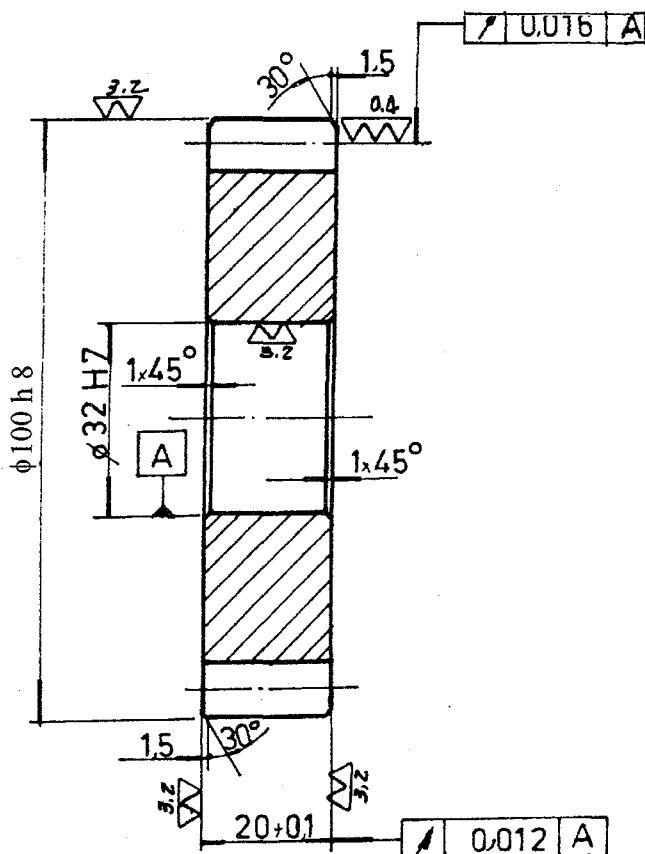
zação (ABNT), 1989, 43p.

- [4] RANDALL, R. B.; "Cepstrum Analysis and Gearbox Fault Diagnosis", B&K Application Note 233-80, 20p.
- [5] RANDALL, R. B.; "A New Method of Modeling Gear Faults", Journal of Mechanical Design, (104), p. 259 - 267, April 1982.
- [6] NORMA 3960; Concepts and parameters associated with cylindrical gears and Cylindrical gear pairs with involute teeth (DIN), 1980, 96p.
- [7] JUNIOR, M.J.S e IRIGOYEN, E.C.; Metrologia

Dimensional: Teoria e Prática, Editora da UFRGS, 1985, 190p.

ANEXO

Desenho Flender N° 5483092 - Engrenagem



Z	—	23
mn	mm	4,00
d	mm	92,00
β	o/'/'	0
x	—	0
incl. da hélice	—	—
W(3)	mm	30,742
Wv	mm	30,862
f_{HB}	μm	6,0
$f_{\beta f}$	μm	4,5
$f_{H\alpha}$	μm	5,5
f_f	μm	7,0
f_u	μm	8,0
f_p	μm	6,0
F_p	μm	20,0
Fi''	μm	18,0
fi''	μm	8,0
DL	mm	19,61
r_b	mm	43,226
$\beta b(e)$	o/'/'	0°0'0"
βk	o/'/'	24°49'46"
BP esp. c/Protuberância		
a	mm	92
i real	—	1,00
z / engr. par		23
Qualidade		Q5

Diferenças admissíveis para medidas sem tolerâncias: conf. DIN 7168										Pedido: Univ. Uberlândia															
						<u>FLENDER-BRASIL</u> Redutores e elementos de transmissão				Escala: 1:1				Denominação ENGRENAGEM											
		Superfícies acabadas e sem indicação				Des.		36		13/2/92		Desach		AV=92				I=10				Z2=23			
						Verif.								Peça bruta conforme desenho				complementação conforme desenho							
		Rugosidade Ra em μm						Secção		Data		Nome													
100h8		0-0,034										Material 17CrNiMo6		Momento de inércia		DIN A				Nº de desenho					
32h7		0-0,025												j(kgm ²)		3				5483092					
afastamentos		Medida de ajuste				Nº Básico		ind.		Peça		Peso (kg)		0,9		Subst. por				Originado de					
		Nº do modelo				ind.																			

UMA FERRAMENTA AUXILIANDO O APRENDIZADO E O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL

Jefferson Sidney Camacho - email: jefcam@dec.feis.unesp.br
Prof. Assistente doutor do Depto. de Engenharia Civil da FEIS-UNESP
Renato Bertolino Jr. - email: rbj@dec.feis.unesp.br
Prof. Adjunto do Departamento de Engenharia Civil da FEIS-UNESP
Roberto Racanicchi
Engenheiro Civil pela FEIS-UNESP
Al. Bahia, 550 - 15.385-000 Ilha Solteira-SP - FoneFax: (018) 762-3121

Resumo: O presente trabalho descreve um programa criado para atender às necessidades de alunos e profissionais que atuam na área de projetos de edifícios de alvenaria estrutural. O programa foi desenvolvido em Autolisp, dentro do ambiente do Autocad, utilizando-se de ícones e caixas de diálogo que visam facilitar sua execução e a interação com o usuário. A automatização da técnica da coordenação modular é caracterizada pela simplicidade de aplicação, admitindo a utilização de blocos com qualquer modulação. As elevações e a contagem dos blocos é feita automaticamente, assim como a numeração das paredes e das fiadas. A automatização de todo o processo gráfico do projeto conduz a um significativo ganho de tempo em relação aos métodos tradicionalmente empregados, além de minimizar a probabilidade de ocorrência de erros, facilitar eventuais modificações e apresentar um resultado com excelente definição gráfica.

Palavras chaves: Alvenaria Estrutural, Projeto, Programa, Automatização, Cálculo.

Abstract: The present work describes a program to assist students and professionals in projects of structural masonry buildings. The program was developed in Autolisp language, inside Autocad environment, using icons and dialogue boxes to facilitate its execution and interaction with the user. The automation of the modulate coordination technique is characterized by its easy application, using the blocks with any modulation. The elevations and the counting of the blocks are made automatically, as well as the walls and layers numeration. The automation of the whole graphic process of the project leads to a significant gain of time in relation to the traditional methods employeeed, besides minimizing the probability of mistakes occurrence, facilitating eventual modifications and presenting an excellent graphic definition result.

Key words: structural masonry, Design, Programs, Automation, Calculation

1. INTRODUÇÃO

O aluno e o profissional da engenharia estrutural necessitam incorporar o microcomputador como uma ferramenta de trabalho corriqueira, de modo a manter a qualidade e a competitividade de seu trabalho. Existe atualmente uma série de programas desenvolvidos para auxiliar quem trabalha com estruturas de concreto armado e de aço. Essa

realidade porém, não se verifica para o caso de projetos de alvenaria estrutural, onde, via de regra, o projeto ainda é desenvolvido de forma praticamente artesanal. Nesse processo, a parte gráfica passa a exigir uma parcela significativa do tempo total despendido na elaboração do projeto.

Frente a esse fato, o presente trabalho objetivou o desenvolvimento de um programa de computador de modo a auxiliar no desenvolvimento gráfico

de projetos de edifícios de alvenaria estrutural, executados com blocos. A meta principal do trabalho foi a criação de rotinas que permitissem um estudo preliminar da estrutura, a automatização da fase de lançamento estrutural e, principalmente, da aplicação da técnica de coordenação modular.

2. O PROGRAMA

O que se obteve como resultado do trabalho foi um programa, no ambiente AutoCAD, que possibilita, com grande eficiência e rapidez, testar diferentes arranjos estruturais, identificar locais de possíveis conflitos no projeto, montar elevações dos painéis de alvenaria, inserir aberturas e obter com precisão a quantidade dos diferentes blocos utilizados no projeto, além de fornecer alguns resultados das ações atuantes nas paredes resistentes.

O programa permite ainda que se trabalhe com blocos de qualquer modulação, bastando que para isso seja feita a opção no início. Quando necessá-

rio, ele introduz automaticamente blocos especiais, previamente definidos, para o fechamento da modulação ou então avisa que a modulação pretendida não é possível com os blocos selecionados. Com isso, possibilita a realização de vários testes de modulação e a otimização do lançamento estrutural.

Foram desenvolvidas subrotinas que permitem a determinação dos valores dos momentos fletores nos painéis de lajes maciças e as respectivas reações de apoio sobre as paredes resistentes. Também é possível que se trabalhe com lajes pré-fabricadas, onde é possível que o projetista defina os quinhões de carga em cada uma das direções dos painéis.

Em todas as etapas foram desenvolvidos ícones para a execução do programa dentro do ambiente do AutoCAD, tornando o programa acessível a qualquer usuário, facilitando a entrada de dados e minimizando a probabilidade de eventuais erros numéricos, erros nos cálculos repetitivos e na própria coordenação modular do projeto.

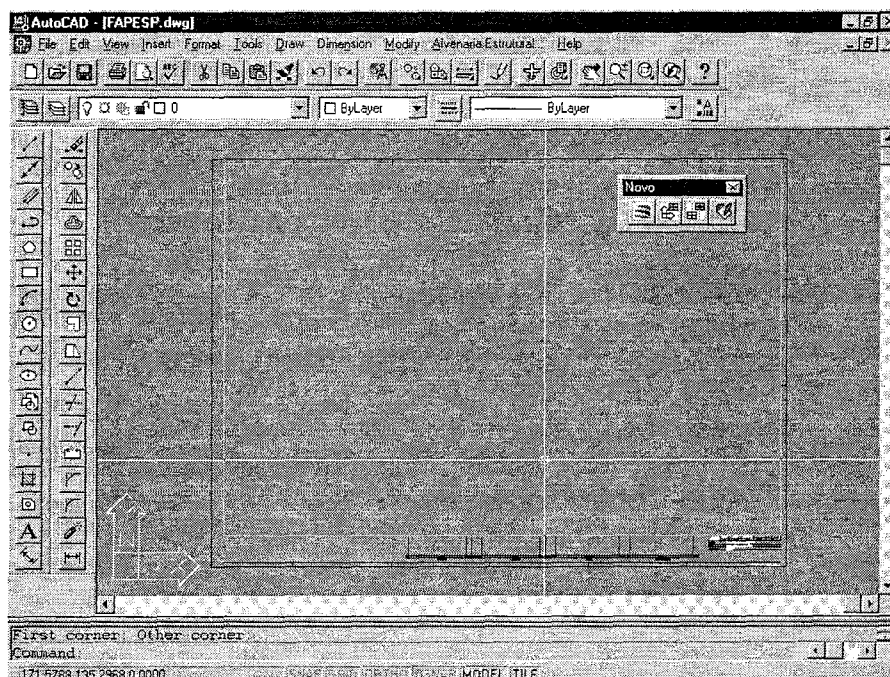


Figura (1) - Definição da prancha de desenho.

No programa de sistema de caixas de diálogo, utilizam-se arquivos de linguagem de controle de diálogo DCL (*Dialog Control Language*), que possibilitam manipular as caixas de diálogo com extrema facilidade e confiabilidade, de maneira que a disposição dos dados de entrada de uma determinada etapa do projeto apresentam-se em aspectos globais para o usuário.

Na seqüência, devem ser definidos os dados gerais do projeto, tais como tipo de laje, pé-direito, número de pavimentos, entre outros.

Na fase da coordenação modular, principal etapa do processo, o programa apresenta os principais blocos encontrados comercialmente para que sejam selecionados aqueles que deverão ser utilizados no projeto. Entretanto, o usuário poderá

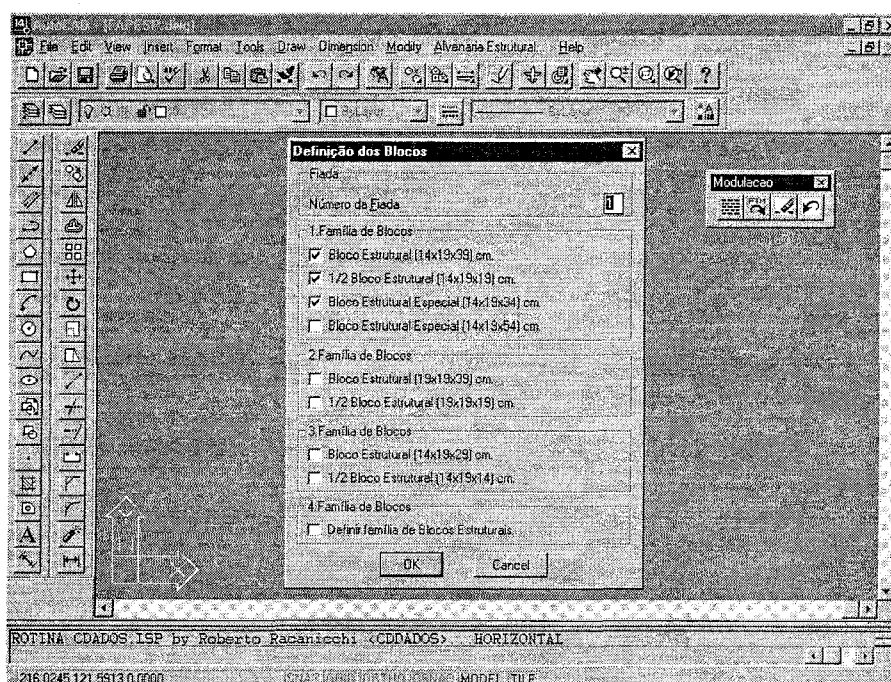


Figura (2) - Definição dos Blocos.

3. SÍNTESE DO FUNCIONAMENTO

O programa é composto por várias telas de maneira a facilitar a interação do usuário nas diferentes etapas que compõem o desenvolvimento do projeto.

Inicialmente, pode-se fazer a definição da prancha de desenho a ser utilizada, como dimensões, carimbos e escalas. Além dos formatos A0, A1, A2, A3 e A4 que o programa indica, é possível que o usuário defina outro formato qualquer (figura 1).

definir facilmente qualquer outro tipo de bloco (figura 2).

Para a inserção de uma dada parede, basta a definição do ponto inicial e a informação do seu comprimento e a parede será montada automaticamente. Quando for necessário, o programa irá inserir automaticamente os blocos para a realização da modulação, desde que os mesmos tenham sido selecionados inicialmente na caixa de diálogo "Definição dos blocos". Se a modulação não for possível com os blocos previamente escolhidos, o usuário será imediatamente informado e o programa aguardará nova solução (figura 3 e 4).

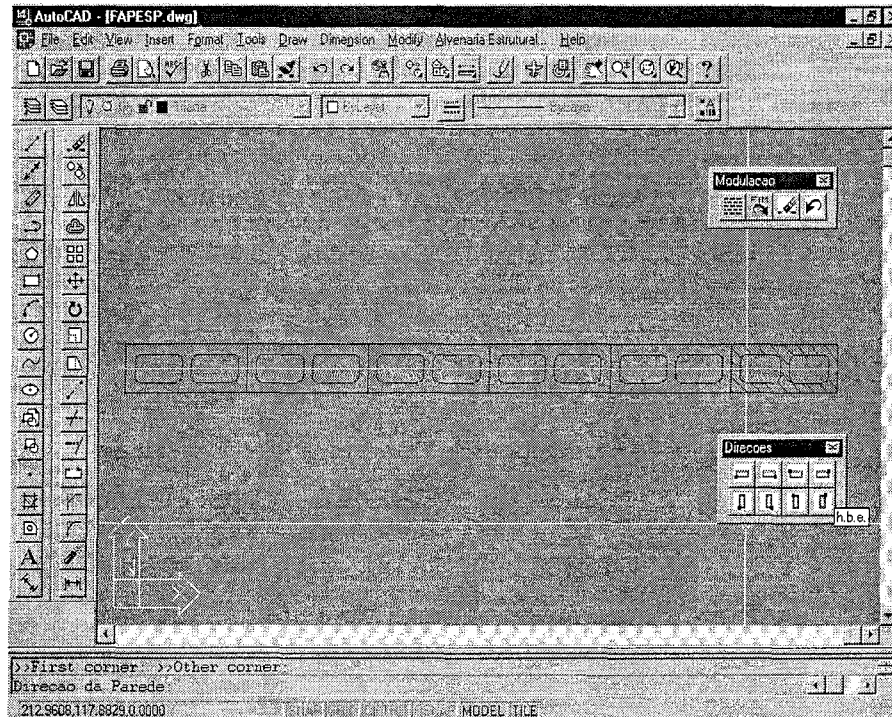


Figura (3) - Inserção de uma parede.

Figura (4) - Valores incompatíveis na modulação.

As correções nessa fase de inserção das paredes podem ser facilmente efetuadas pelo usuário através dos ícones que o programa apresenta.

Terminada a fase de lançamento das paredes,

o programa faz automaticamente a numeração das mesmas, e o resultado poderá ser apresentado segundo as formas mostradas nas figuras (5 e 6).

A etapa seguinte é constituída pela montagem das elevações das paredes lançadas. Para tal, basta que seja selecionada a parede e a montagem

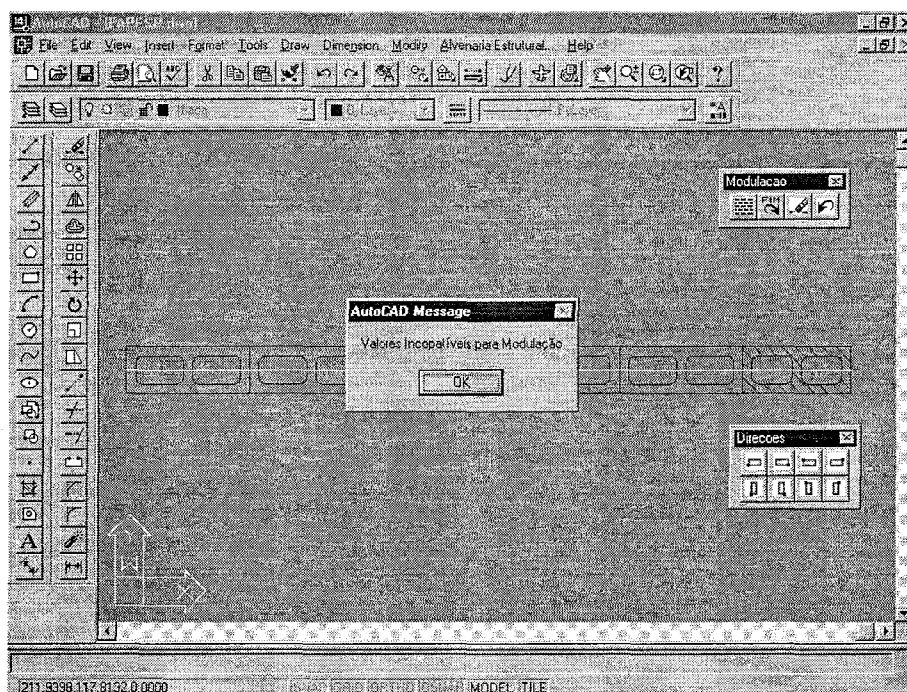


Figura (4) - Valores incompatíveis na modulação.

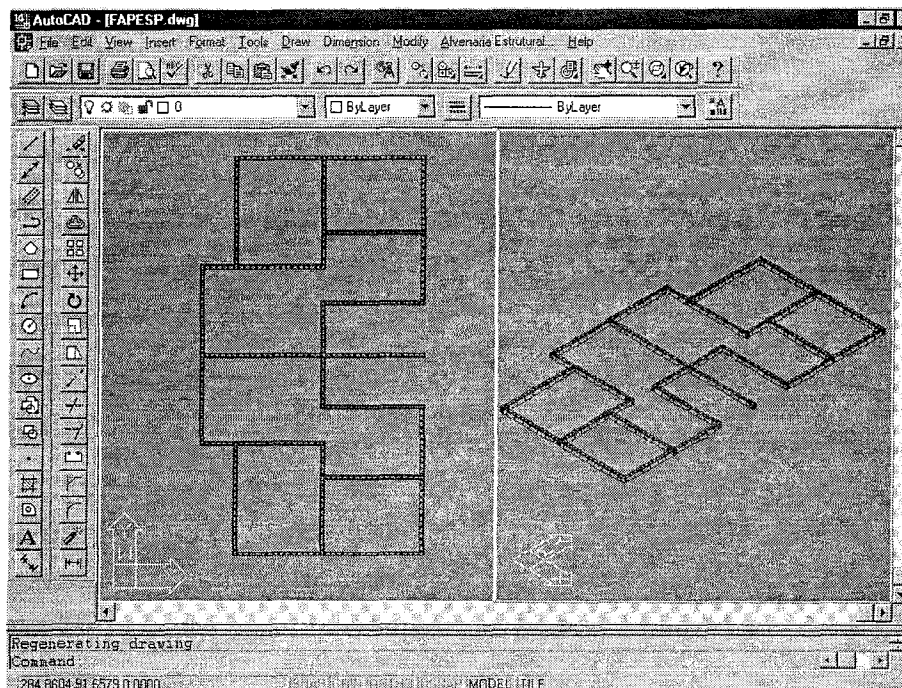


Figura (5) - Formas possíveis de apresentação em planta.

será feita automaticamente pelo programa. Salienta-se ainda que a elevação poderá ser externa ou interna. Nas elevações também são representadas as regiões das cintas, vergas e dos blocos compensadores, quando existirem (figuras 7, 8, e 9).

A inserção das aberturas (janelas e portas) é facilmente executada nas elevações e em planta. O programa armazena em bibliotecas os padrões mais comuns, permitindo contudo a definição de qualquer dimensão (figuras 10, 11 e 12).

Como etapa final do processo, é feita a mon-

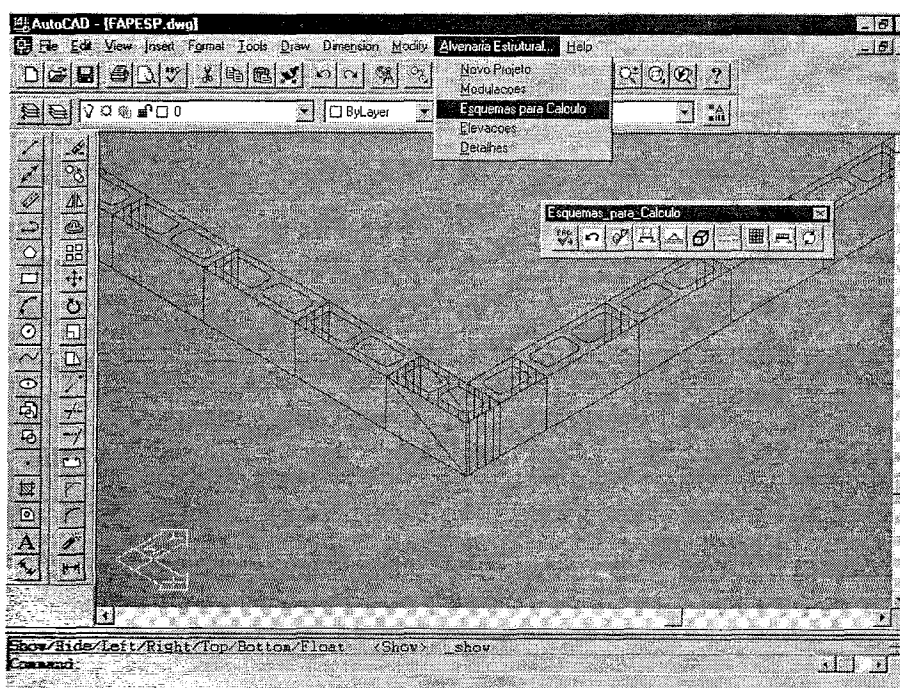


Figura (6) - Detalhe de encontro de duas paredes.

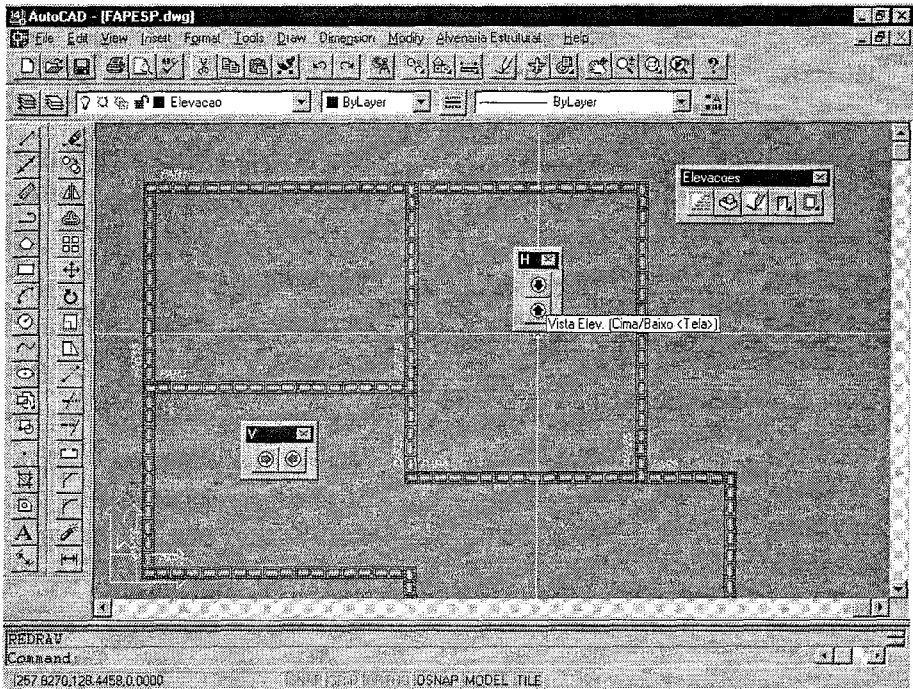


Figura (7) - Sentido da Elevação

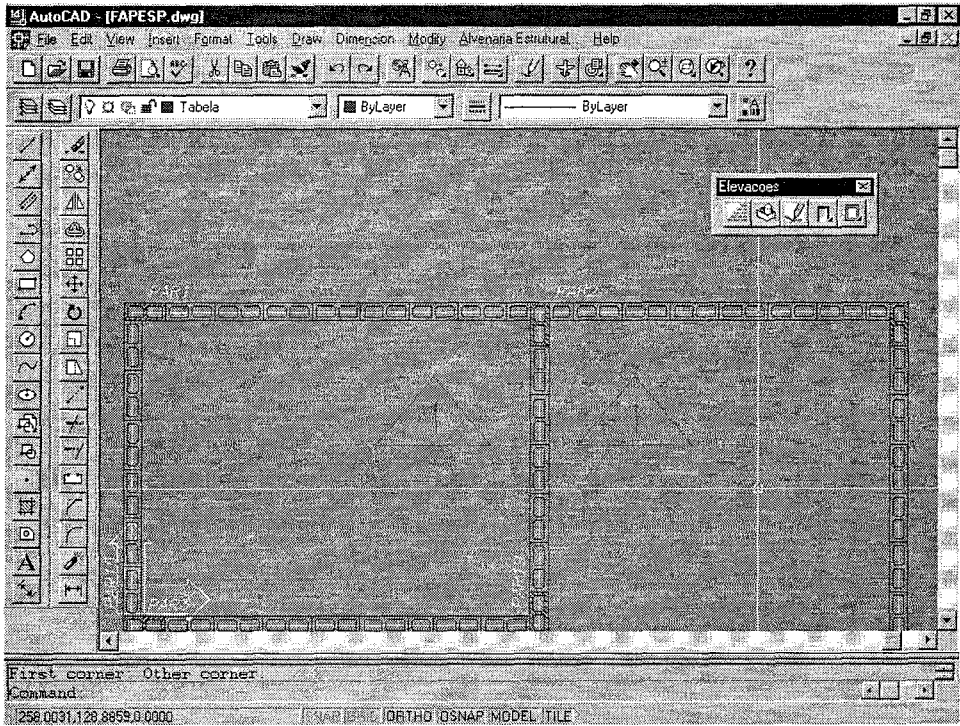


Figura (8) - Definição das elevações.

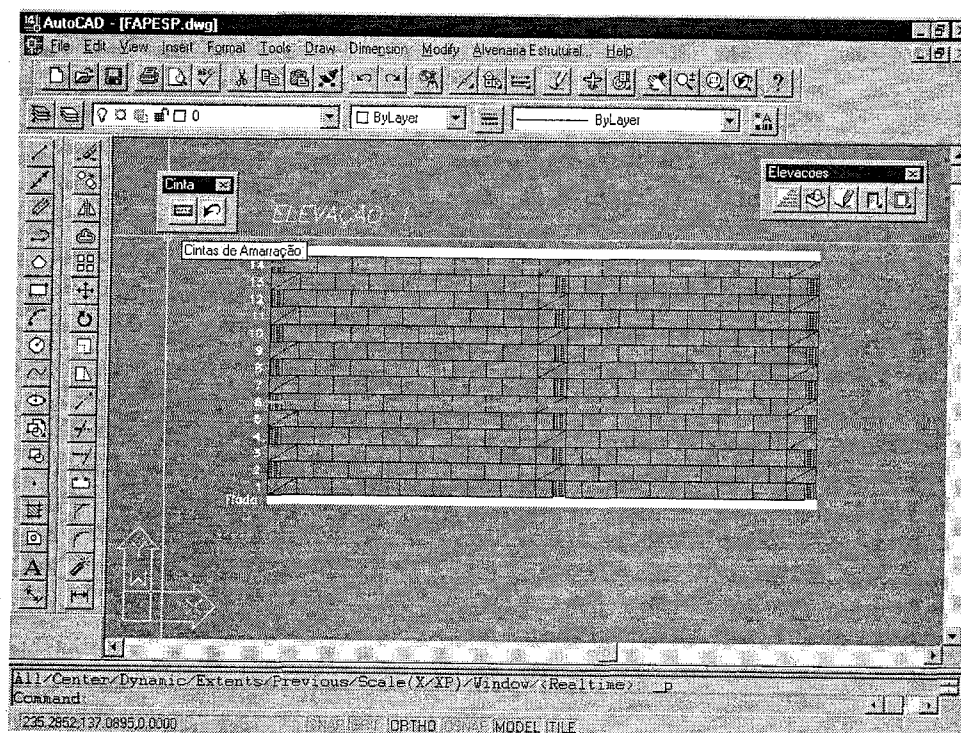


Figura (9) - Elevação genérica

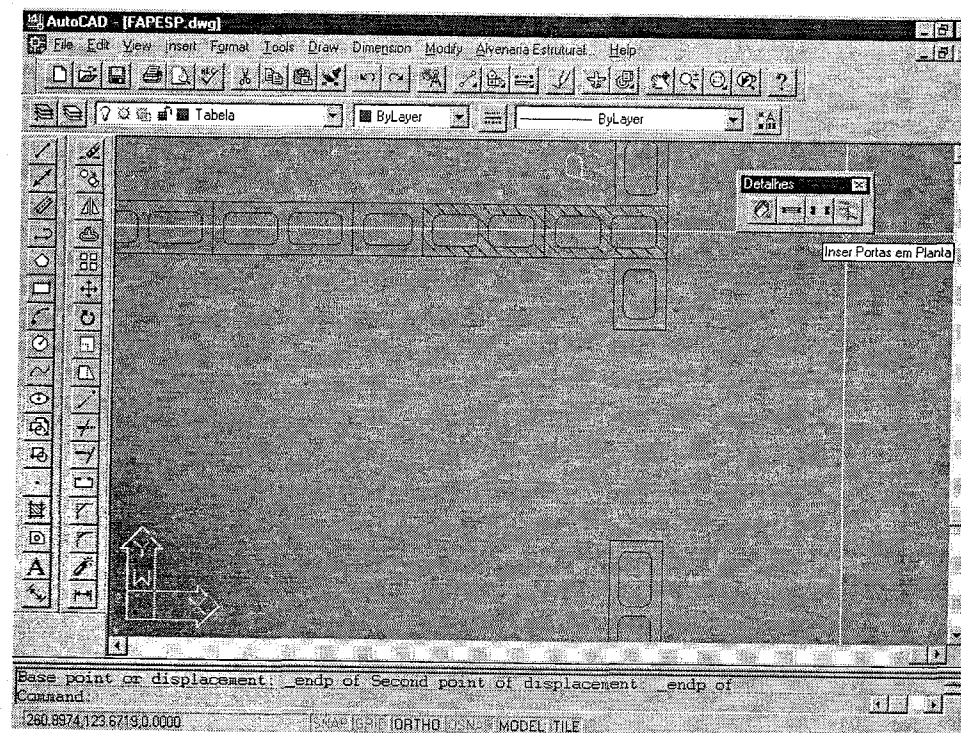


Figura (10) - Inserir Aberturas com dimensões comerciais.

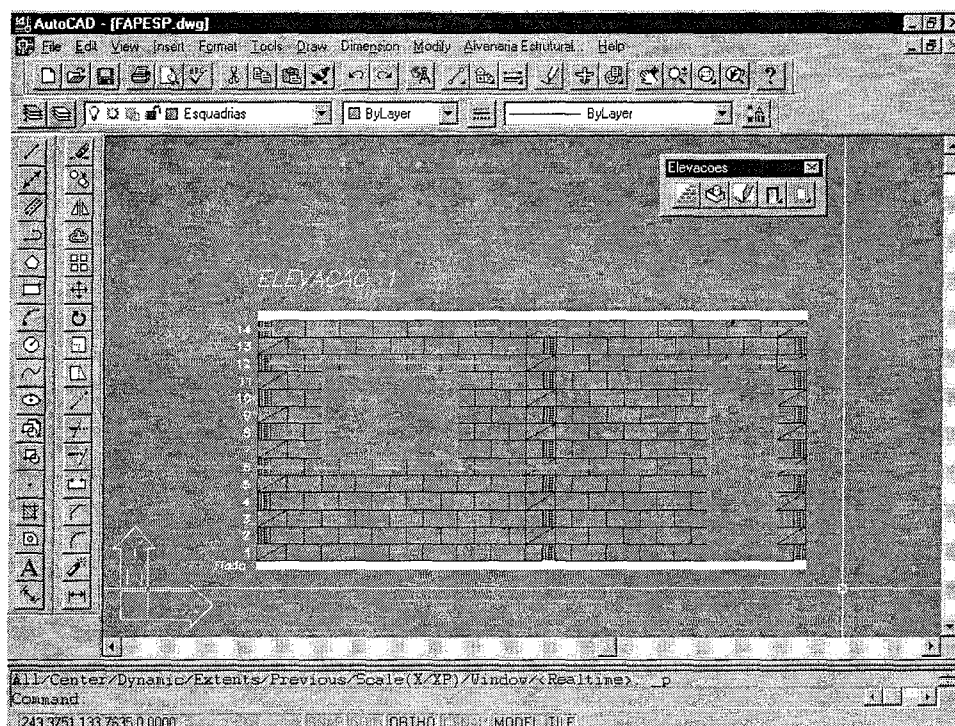


Figura (11) - Apresentação Final da Elevação.

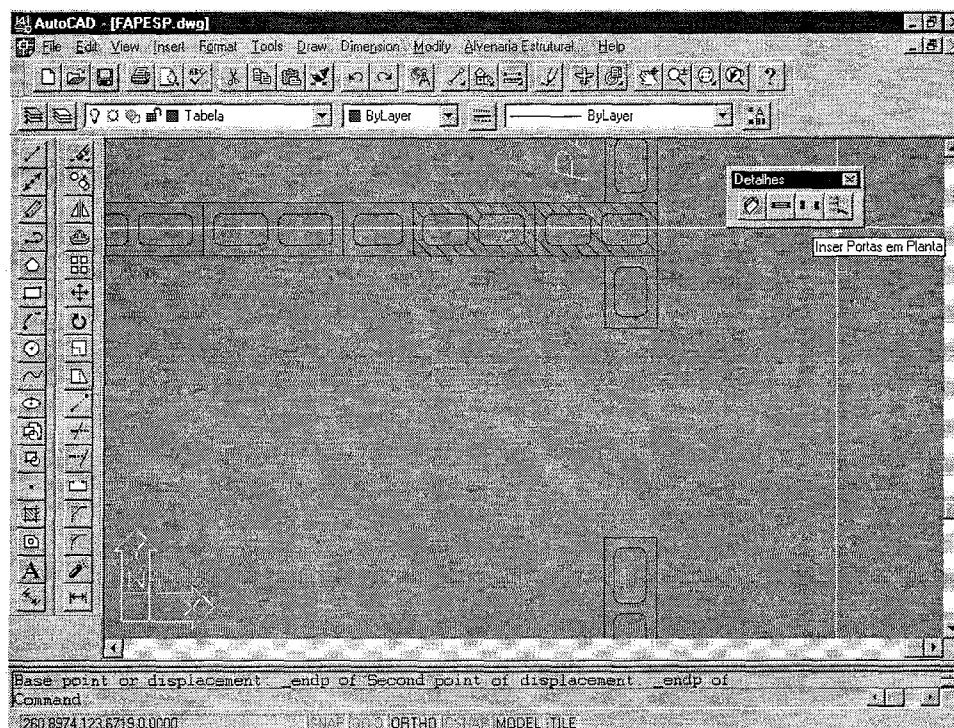


Figura (12) - Inserir Portas em Planta.

tagem automática de uma tabela que apresenta os tipos e as quantidades de todos os blocos utilizados no projeto.

4. CONCLUSÕES

Conseguiu-se atingir os objetivos propostos no início do desenvolvimento do trabalho, que era basicamente a obtenção de uma ferramenta poderosa no auxílio do desenvolvimento gráfico de projetos de edifícios de alvenaria estrutural, executada com blocos.

Todos os testes efetuados até o presente momento têm demonstrado que o programa conduz a um expressivo ganho de tempo na fase de elaboração gráfica do projeto, além de excluir a possibilidade de erros na fase de coordenação modular, apresentando uma excelente qualidade gráfica e facilitando a realização de alterações.

Dessa forma, pode o projetista estudar diferentes arranjos estruturais, adotando o mais conveniente, o que se traduz na obtenção de um projeto final otimizado.

Assim, espera-se estar contribuindo para o desenvolvimento da alvenaria estrutural no país, uma vez que é significativo o volume de obras executadas segundo essa técnica, e, paradoxalmente, a sua difusão entre profissionais e alunos é relativamente pequena em relação às outras áreas do conhecimento na Engenharia Civil.

Como o programa foi desenvolvido no ambiente Autocad, basta que o aluno tenha conhecimentos básicos dessa ferramenta para poder utilizá-lo.

O processo de aprendizagem deverá ser enriquecido, uma vez que o tempo antes despendido nas rotinas repetitivas de cálculo e, principalmente, na definição e montagem gráfica, poderá ser

redirecionado para a análise do projeto como um todo, tornando possível testar e comparar os resultados obtidos com a proposição de diferentes soluções estruturais, sistemas estruturais e tipos de fundações.

Esse procedimento tem demonstrado contribuir significativamente na compreensão dos problemas propostos e no conjunto de soluções possíveis, desenvolvendo assim um senso crítico no aluno.

BIBLIOGRAFIA:

01. CAMACHO, J. S. Alvenaria estrutural não armada - parâmetros básicos a serem considerados no projeto dos elementos resistentes. Porto Alegre, UFRS/CPGEC, 1986. 136p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1986.
02. AUTOLISP PROGRAMMER'S REFERENCE
AutoCAD Release 10, Autodesk, 1989.
03. KRAMER, W. Programando em AutoLISP ,
Makron Books do Brasil Editora Ltda., 1993.
04. HOOKER, K. A. Computer Aids for Masonry
Structural, Aberdeen's Magazine of Masonry
Construction, 1996.

AGRADECIMENTO:

À FAPESP, pelo apoio ao desenvolvimento do presente trabalho mediante a concessão de financiamento e bolsa de treinamento técnico.

Errata da Revista nº 19

IMPORTÂNCIA E CARACTERÍSTICAS DO ESCOAMENTO VISCOSO E INCOMPRESSÍVEL

Marcelo Henriques de Brito

Página 05 - Quadro 1.1 - Forma correta:

	escoamento viscoso	escoamento não viscoso
escoamento compressível	é o tipo de escoamento que usualmente ocorre na natureza.	aproximação para escoamento isoentrópico em bocais, ejetores e turbomáquinas térmicas.
escoamento incompressível	uso frequentemente de números adimensionais - semelhança aplicação prática do conceito de escoamento laminar e turbulento desenvolvimento de equações para camada limite analogias Reynolds-Colburn (vide tópico 3.1. adiante.)	aproximação para escoamento de água a baixas velocidades e de ar comprimido com pequena variação de pressão. modelagem matemática com potencial de velocidade.

Página 07 - Quadro 1.4 - Forma correta:

análise integral	análise diferencial
$\underline{v} = 0 \Rightarrow \frac{d}{dt} \int_{VC} \rho \cdot dV = 0$	$\underline{v} = 0 \Rightarrow \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$
$E_p + E_c + E_v = 0$	$-\text{grad}(p) + (\rho \cdot \underline{f}) = 0$
$m_{VC} \cdot \frac{du}{dt} \Big _{VC} = \sum Q$	$\frac{dT}{dt} - a \cdot \nabla^2(T)$ regime permanente $\Rightarrow \nabla^2(T) = 0$ (Eq. de Laplace)

Página 08 Forma correta:

A formação dos números adimensionais resulta do Teorema II de Buckingham e estes números expressam relações, conforme relacionados no Quadro 1-5 a seguir.

Página 09 - Forma correta:

$$T = \bar{T} + T' \quad \text{Equação 1-5}$$

onde:

$$\bar{T} = \frac{1}{t_f} \cdot \int_0^{t_f} T \cdot dt \quad \text{Equação 1-6}$$

$$\bar{T}' = \frac{1}{t_f} \cdot \int_0^{t_f} T' \cdot dt = 0 \quad \text{Equação 1-7}$$

Continuação da errata da Revista nº 19

Página 10 - Quadro 1.6 - Forma correta:

	Laminar	Turbulento
continuidade	$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = 0$	$\frac{\partial \bar{v}_x}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}_y}{\partial y} = 0$
impulso	$\rho \cdot v_x \cdot \frac{\partial v_x}{\partial x} + \rho \cdot v_y \cdot \frac{\partial v_x}{\partial y} = \mu \cdot \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2}$	$\rho \cdot \bar{v}_x \cdot \frac{\partial \bar{v}_x}{\partial x} + \rho \cdot \bar{v}_y \cdot \frac{\partial \bar{v}_x}{\partial y} = \mu \cdot \frac{\partial^2 \bar{v}_x}{\partial y^2} - \rho \cdot \frac{\partial}{\partial y} \left(\overline{v'_x \cdot v'_y} \right)$
energia	$\rho \cdot v_x \cdot \frac{\partial}{\partial x} \left(c_p T + \frac{v_x^2}{2} \right) + \rho \cdot v_y \cdot \frac{\partial}{\partial y} \left(c_p T + \frac{v_x^2}{2} \right) = \mu \cdot \frac{\partial^2}{\partial y^2} \left(c_p T + \frac{v_x^2}{2} \right)$	$\rho \cdot \bar{v}_x \cdot \frac{\partial \bar{T}}{\partial x} + \rho \cdot \bar{v}_y \cdot \frac{\partial \bar{T}}{\partial y} = \frac{k}{c_p} \cdot \frac{\partial^2 \bar{T}}{\partial y^2} - \rho \cdot \frac{\partial}{\partial y} \left(\overline{T \cdot v'_y} \right)$

Página 11 - 2.1.2 - Escoamento Interno (tubo) - Forma correta:

c)a velocidade máxima depende da geometria (Raio), dos efeitos viscosos do fluido (μ) e da perda de carga na tubulação (gradiente de pressão)

onde o valor de n varia conforme o número de Reynolds, estando entre 6 (para $Re \cong 4.10^3$) a 10 (para $Re \cong 2.10^6$), sendo 7 um valor freqüentemente usual (equivalente a $Re \cong 10^5$). A relação entre a velocidade média e a velocidade máxima é facilmente obtida de forma analítica e é dada por:

Página 12 - Forma correta:

$$\frac{u_{\tau} \cdot k}{\nu} \leq 5$$

hidraulicamente liso

Equação 2-13

$$\frac{u_{\tau} \cdot k}{\nu} \geq 70$$

hidraulicamente rugoso

Equação 2-14

Página 13 - 2.3 - Forma correta:

Para um dado gradiente adverso de pressão, no escoamento externo laminar, a separação ocorre mais cedo do que com o escoamento externo turbulento. Uma regra prática é considerar que a separação ocorre quando a relação entre a velocidade máxima imediatamente fora da camada limite - v_e - em relação à velocidade máxima original - v_{∞} - (no início do escoamento externo) estiver entre 0,85 e 0,95 para o caso laminar e 0,45 para o caso turbulento.

MODELO DA FORMATAÇÃO ADOTADA PELA REVISTA DE ENSINO DE ENGENHARIA

Formato A4 (210x297)

TÍTULO

Autores
Instituição
Endereço

Resumo.-: xxxxxxxxxxxx

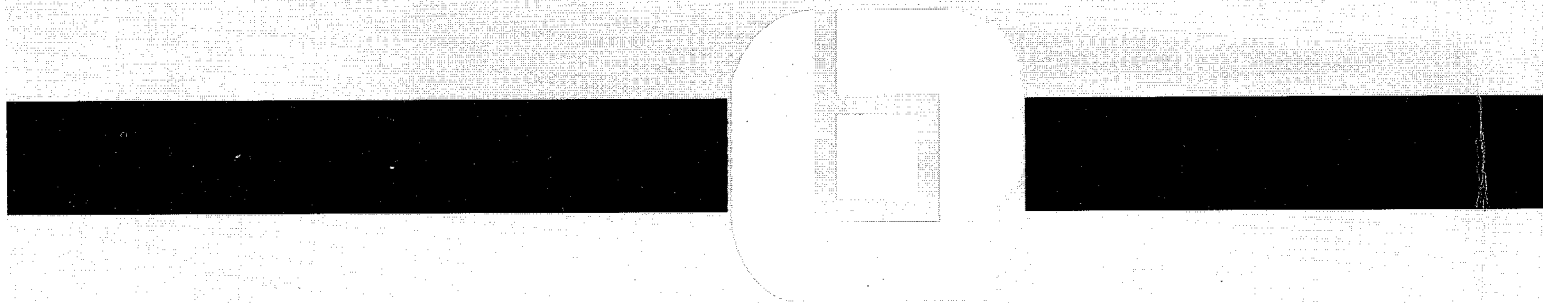
Palavras Chave.-: xxxxxxxxxxxx

Abstract.-: xxxxxxxxxxxx

Key Words.-: xxxxxxxxxxxx

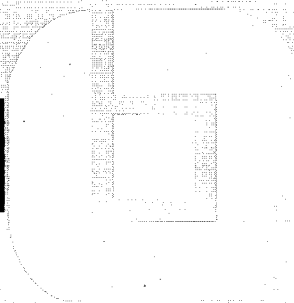
Texto do artigo
em duas colunas

- INTRODUÇÃO
- DESENVOLVIMENTO
- CONCLUSÃO
- BIBLIOGRAFIA



abenge

Revista de Ensino de Engenharia



abenge

Revista de Ensino de Engenharia