

## **AMBIENTE VIRTUAL INTERATIVO PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE TROCADORES DE CALOR**

**Jorge A. Almeida** – [dfsjaa@furg.br](mailto:dfsjaa@furg.br)

Fundação Universidade Federal do Rio Grande – Departamento de Física  
Campus Carreiros – Av. Itália, km 8  
96901-900 – Rio Grande – RS

**Marcia S. de Araujo** – [ctimas@furg.br](mailto:ctimas@furg.br)

Fundação Universidade Federal do Rio Grande – Colégio Técnico Industrial  
Campus Cidade – Rua Eng. Alfredo Huch, 475  
96901-900 – Rio Grande – RS

**Resumo:** *Este artigo apresenta um ambiente virtual interativo para ensino e avaliação da aprendizagem, na disciplina equipamentos térmicos, do Curso de Engenharia Mecânica – FURG – RS. A linguagem de programação PHP em conjunto hipertexto HTML foram utilizados na construção do ambiente, sendo também utilizado um banco de dados MySQL. O ambiente é dividido em uma parte pública e outra privada. Na parte pública do ambiente o usuário dispõe de material bibliográfico e na parte privada, com acesso restrito aos alunos matriculados na disciplina, há um ambiente interativo onde são desenvolvidos projetos de trocadores de calor, avaliados pelo programa, que indica os acertos e erros, permitindo a correção destes últimos pelo aluno, que assimila o conhecimento a cada erro corrigido. Observamos boa aceitação da nova metodologia por parte dos discentes, que demonstraram maior interesse e aproveitamento com relação a turmas anteriores, onde foi empregada a metodologia tradicional.*

**Palavras-chaves:** *Ambiente virtual interativo, Trocadores de calor, Metodologia de ensino interativo.*

*Sub-Tema: Novas Tecnologias e Metodologias no Ensino de Engenharia.*

### **1. INTRODUÇÃO**

A Educação é um processo cultural, isto é, acontecimento cujo sentido é construído num determinado período de tempo e num lugar específico, em que os elementos constituintes deste processo criam e são criados no seu decorrer. O objetivo da Educação é proporcionar um aumento na capacidade de viver, com qualidade, dos elementos envolvidos no processo. Educar não é proporcionar adaptações às estruturas de poder já constituídas. A Educação é um processo contínuo e permanente que acontece em diferentes momentos e espaços enquanto seu objetivo está sendo construído.

Educar é propiciar condições de possibilidade para a construção de singularidades, é fazer emergir cidadãos conscientes de seu lugar no mundo. “[...] ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção”. (FREIRE, 1996. p. 52). Professor não é transmissor de conhecimento, não faz o aluno aprender, ele é quem coordena um processo de ensino-aprendizagem em que todos estão aprendendo e ensinando.

A Educação pode ocorrer em diferentes modalidades, entre elas, a distância. O termo Educação a Distância vem sendo compreendido sob diferentes pontos de vista. Essa

modalidade de Educação pode ser aquela forma de estudo que não está sob supervisão contínua e imediata de tutores presenciais, mas sob orientação de uma organização tutorial; o ensino sem a presença física de um professor; o conjunto de métodos instrucionais em que a comunicação entre professor e aluno é facilitada por dispositivos impressos, eletrônicos, mecânicos e outros; uma espécie de educação com procedimentos que permitem o desenvolvimento do processo ensino-aprendizagem mesmo sem contato face a face entre educadores e educandos; aquela forma de aprendizagem organizada com base na separação física entre os elementos do processo; e, a aprendizagem aberta caracterizada essencialmente pela flexibilidade dos sistemas e maior autonomia dos estudantes. (BELLONI, 2001).

A distinção entre ensino presencial e ensino à distância está cada vez mais tênue, pois a utilização das redes de telecomunicação está integrando formas clássicas de ensino. A Educação a Distância tem sido ferramenta auxiliar do ensino, mas, em breve, tornar-se-á, se não uma norma, ao menos algo fundamental para o desenvolvimento de pesquisas. Não se está defendendo a utilização de tecnologias sem qualquer crítica, mas sim de promover uma consciente e deliberada mudança de postura diante de uma civilização que questiona as formas de organização e os valores dos sistemas educativos tradicionais e os papéis desempenhados pelos professores e alunos. (LÉVY, 1999).

Ambientes interativos de aprendizagem podem ser concebidos como espaços virtuais para o desenvolvimento de projeto (problema de contexto ou simulação, por exemplo), casos relacionados, conversação e ferramentas de colaboração. Nesses ambientes é possível que todos os envolvidos no processo de ensino-aprendizagem trabalhem com problemas autênticos.

Segundo Lévy (1996), resgatando Aristóteles, o real é o que é vivenciado aqui e agora, isto é, o atual. Mas, também é real o virtual, que é o que pode vir a ser, que não pode ser visto como com conceito contrário ao atual e sim complementar a ele. O real é composto por diferenças. O virtual e o atual são diferentes, não opostos.

O conceito de Virtualização é entendido como o processo que transforma uma solução dada numa possibilidade quase infinita de criação de outros problemas e de outras soluções. Assim, virtualizar um texto é torná-lo disponível para que uma quantidade de outros textos possa ser projetada sobre ele (LÉVY, 1996). No desenvolvimento dos Projetos em Engenharia, a virtualização acontece pela construção de um ambiente interativo utilizando a rede mundial de computadores – Internet.

Segundo Lévy (1999), o objetivo da informática hoje não é mais a inteligência artificial, isto é, tornar uma máquina tão ou mais inteligente que o homem, mas sim a inteligência coletiva, isto é, a promoção da valorização, utilização otimizada e desenvolvimento das competências, imaginações e potências intelectuais, sem importar sua diversidade qualitativa e ou localização.

Desde 2002 vêm sendo desenvolvidos hipertextos e um ambiente interativos para o desenvolvimento de projetos de trocadores de calor junto as turmas de quarto ano do Curso de Engenharia Mecânica da FURG – Rio Grande – RS. Os hipertextos e o ambiente interativo estão publicados na Internet no endereço <http://termo.furg.br>. O ambiente é utilizado para complementar atividades na modalidade presencial com o processo educativo na modalidade a distância.

Os encontros presenciais motivam os discentes a participar do ambiente virtual interativo e apresenta os recursos digitais que são utilizados no mesmo. Esses encontros acontecem durante toda a utilização do ambiente, nas aulas da disciplina envolvida.

As atividades a distância são desenvolvidas no ambiente virtual interativo desenvolvido pelos autores deste artigo.

O ambiente fica a disposição dos participantes durante o período de desenvolvimento dos projetos e cada participante deve realizar três projetos de trocadores de calor, sendo um sem mudança de fase, um condensador e um evaporador.

Todos os alunos regularmente matriculados na disciplina *Equipamentos Térmicos* são automaticamente inscritos como participantes do ambiente.

## 2. PROJETO TÉRMICO DE TROCADORES DE CALOR

Trocadores de calor são equipamentos que efetuam a transferência de calor entre dois fluidos em temperaturas diferentes. O projeto de trocadores de calor é assunto complicado. A transferência de calor e a perda de carga, o dimensionamento e a avaliação do desempenho, os aspectos econômicos têm papéis importantes no projeto final. Por exemplo, embora sejam muito importantes as considerações de custo nas aplicações de grande porte, como usinas de eletricidade e de processamento químico, as considerações de peso e de dimensões são o fator dominante na escolha do projeto para aplicações aeronáuticas ou espaciais. Um tratamento completo dos trocadores de calor está fora das finalidades deste artigo. O leitor deve consultar Kern, 1980, Kakaç et alii, 1981 e Fraas, 1963.

Para alcançar o máximo de economia, a maior parte dos fabricantes adotou linhas padronizadas de trocadores de calor. Os padrões estabelecem diâmetros de tubos, pressões de teste, e promovem o uso de desenhos e procedimentos de fabricação padrões. A seleção requer uma análise térmica para determinar se uma unidade padronizada, de tamanho e geometria especificados, pode satisfazer os requisitos de aquecimento ou resfriamento de um dado fluido, a uma velocidade especificada. É importante também que os códigos de segurança da ASME sejam satisfeitos e, para isso, devem ser observadas as normas da Tubular Exchanger Manufacturers Association (TEMA, 1959)

O trocador de corpo cilíndrico e feixe tubular é constituído por um conjunto de tubos (feixe), onde circula um dos fluidos. O feixe é montado dentro de um corpo exterior cilíndrico, no qual circula o segundo fluido por entre os tubos. Os tubos são suportados por chicanas, que ao mesmo tempo desempenham a função de definir o percurso do escoamento do fluido dentro do casco. O feixe é finalizado nas extremidades por espelhos. A fim de aumentar a área de troca térmica por unidade de volume, a maioria dos trocadores de calor prevê mais de um passe através dos tubos, e o fluido que escoar na carcaça é guiado em ziguezague por meio de chicanas. A Figura 1 é um corte de um trocador de calor de dois passes nos tubos e um único passe no casco

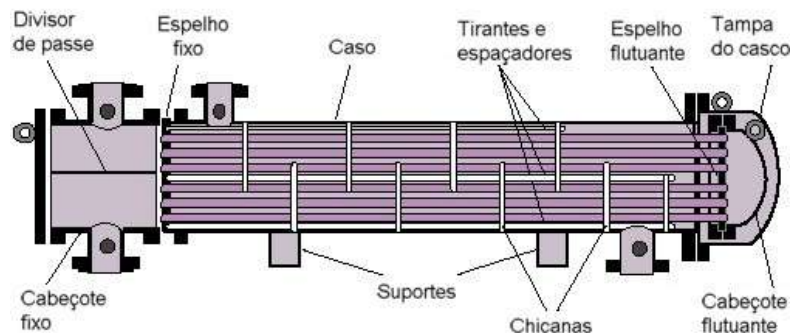


Figura 1 – Trocador de calor casco e tubos

O projeto de um trocador pode ser resumido nas seguintes etapas:

1. determinação das condições de processo, composição, vazões, temperaturas e pressões das correntes envolvidas;
2. determinação das propriedades físicas necessárias: densidade, calor específico, viscosidade, e condutividade térmica em geral;
3. escolha do tipo de trocador de calor;
4. estimativa preliminar da área e, em conseqüência, das dimensões e arranjos;
5. avaliação térmica do modelo escolhido, conduzindo a elaboração de modificações no modelo proposto ou sua rejeição.

O projeto de trocadores de calor é um processo iterativo, seguindo o roteiro mostrado na Figura 2. A realização do roteiro, pelo método de Thinker (1958), constitui um trabalho extenso, onde é necessário o emprego seqüencial de 58 equações em conjunto com 5 tabelas e 15 gráficos

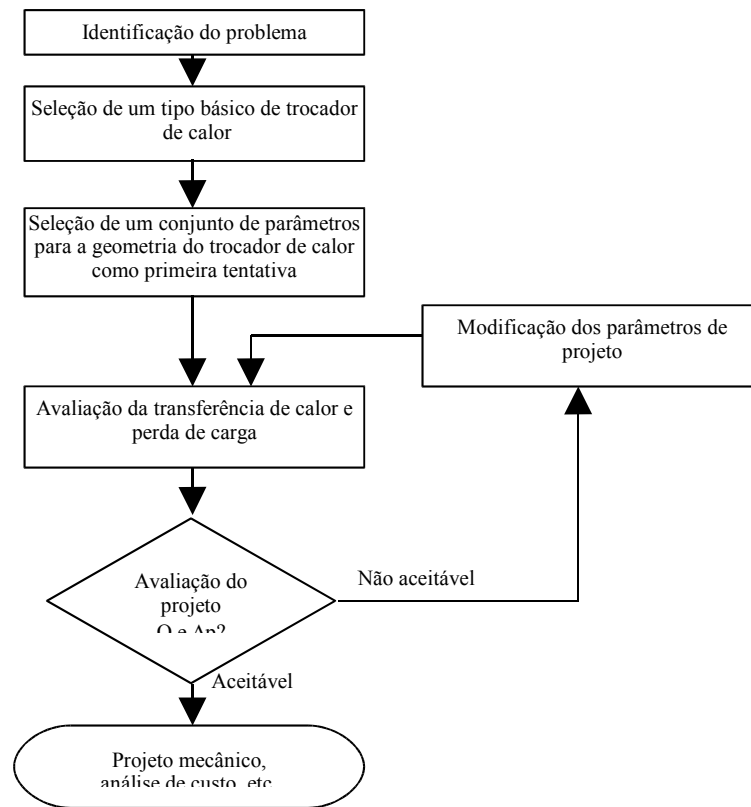


Figura 2 – Fluxograma para projeto de trocadores de calor.

### 3. PROGRAMAÇÃO DO AMBIENTE VIRTUAL

O ambiente foi desenvolvido com a linguagem PHP em conjunto com hipertexto HTML, utiliza recursos JavaScript e um banco de dados MySQL. Sua estrutura está dividida em duas partes principais, sendo uma pública e outra privada.

A página inicial da parte pública apresenta as disciplinas ministradas pelo professor, como ilustrado na Figura 3a.

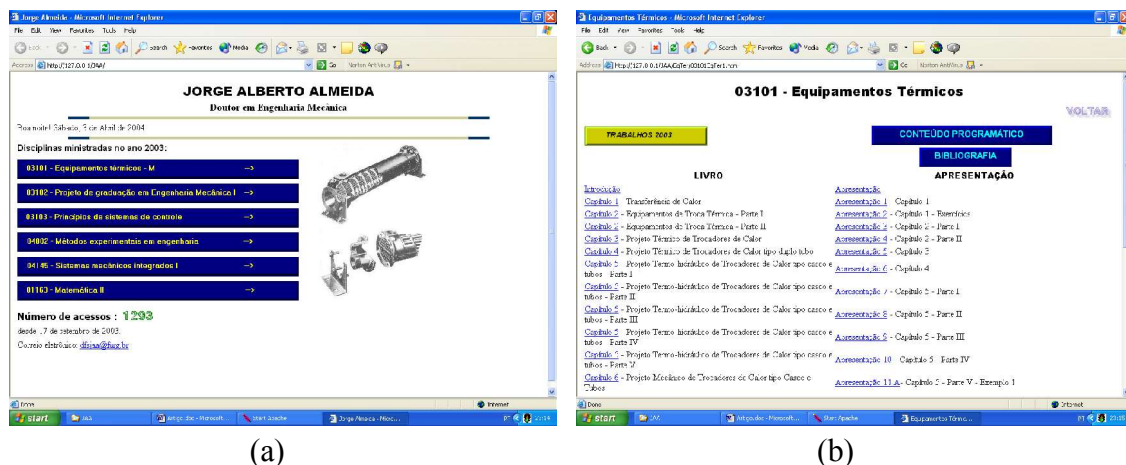


Figura 3 – (a) Página inicial, (b) Página da disciplina *Equipamentos Térmicos*

Quando acessada a disciplina *Equipamentos Térmicos*, a página seguinte (Figura 3b) exhibe informações sobre a disciplina, conteúdo programático, bibliografia, material bibliográfico adicional e o material apresentado em sala de aula. O botão **TRABALHOS** na Figura 3b permite acesso à parte privada.

A parte privada constitui um ambiente interativo dividido em dois módulos, sendo um para acesso exclusivo do professor e outro para acesso dos alunos, e a ligação entre os módulos é realizada através do banco de dados. Para acesso ao ambiente é necessário identificação do usuário e senha. A Figura 4 mostra a estrutura da sistema.

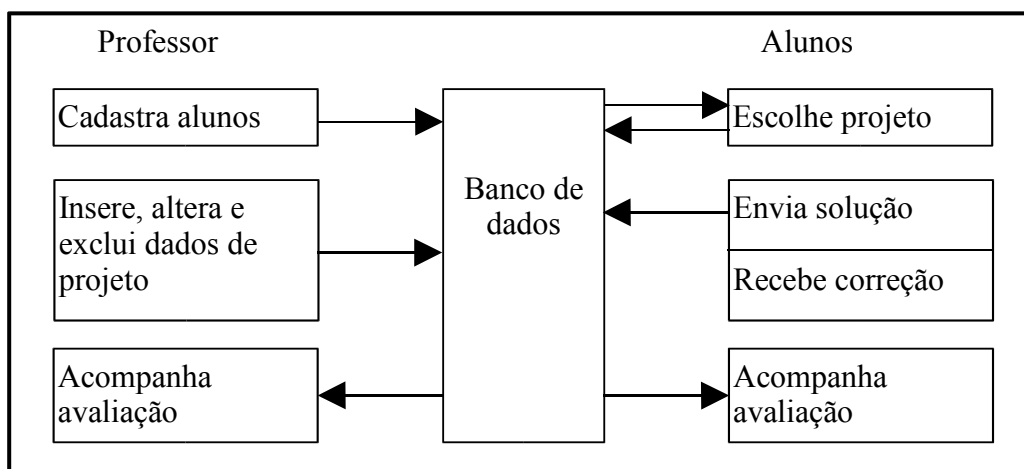


Figura 4 – Estrutura do sistema

### 3.1 Banco de dados

Aqui são armazenadas todas as informações necessárias ao funcionamento do sistema. Está estruturado em 27 tabelas conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Estrutura do Banco de Dados

Tabela MySQL	Descrição
1	Armazena identificação do aluno, nota parcial, data e hora em que o aluno enviou cada solução do condensador
2	Armazena identificação do aluno, nota parcial, data e hora em que o aluno enviou cada solução do evaporador
3	Armazena identificação do aluno, nota parcial, data e hora em que o aluno enviou cada solução do trocador de calor
4	Controle do número de acessos para solução do condensador
5	Contagem de tubos no espelho de acordo com TEMA
6	Controle do número de acessos para solução do evaporador
7	Correção do fator de atrito devido ao depósito
8	Fluidos disponíveis no sistema (49 fluidos)
9	Parâmetros M, Y, Nh e Np do método de Thinker
10	Coefficientes para cálculo da transferência de calor no lado do casco (método de Thinker)
11	Espaçamento entre as chicanas extremas e os espelhos (método de Thinker)
12	Notas atribuídas aos alunos na avaliação
13	Passo entre os tubos
14	Coefficientes para cálculo da perda de carga no lado do casco (método de Thinker)
15	Projetos selecionados pelos alunos
16	Problemas propostos para projeto de condensadores
17	Problemas propostos para projeto de evaporadores
18	Problemas propostos para projeto de trocadores de calor
19	Propriedades físicas dos fluidos (49 fluidos)

20	Senhas dos usuários
21	Última solução de condensador enviada pelo aluno
22	Última solução de evaporador enviada pelo aluno
23	Última solução de trocador de calor enviada pelo aluno
24	Controle do número de acessos para solução do trocador de calor
25	Tabela de diâmetros e espessura de parede de tubos IPS
26	Tabela de diâmetros e espessura de parede de tubos para trocadores de calor BWG
27	Dados cadastrais dos usuários

### 3.2 Professor

As páginas do lado do professor na Figura 4 são compostas de formulários HTML, com validação JavaScript, que realizam a comunicação com o banco de dados utilizando a linguagem PHP

### 3.3 Alunos

As páginas do lado dos alunos na Figura 4 são compostas de formulários HTML, com validação JavaScript, que realizam a comunicação com o banco de dados utilizando a linguagem PHP, e nas páginas que enviam a solução dos projetos existem rotinas em PHP que verificam se os valores escolhidos pelo aluno estão dentro dos limites permitidos e também verificam os cálculos realizados com base nos valores escolhidos.

## 4. UTILIZAÇÃO DO AMBIENTE VIRTUAL

### 4.1 Professor



Figura 5 – Administração do sítio

A Figura 5 mostra a página principal para administração do ambiente pelo professor.

Na coluna USUÁRIOS o professor pode cadastrar novos alunos, excluir alunos que concluíram a disciplina e listar os alunos cadastrados para conferência. Na coluna PROJETOS são inseridos os dados dos projetos que ficam a disposição dos alunos para escolha no banco de dados, e na coluna NOTAS têm acesso à situação atual da avaliação dos alunos.

### 4.2 Alunos

Ao acessar a área restrita através do botão TRABALHOS (Figura 3b) e após informar a identificação e senha, o aluno tem acesso à página principal do ambiente interativo, mostrada na Figura 6.



Figura 6 – Página principal do ambiente interativo

Aqui estão disponíveis ao aluno opções para alterar sua senha de acesso, listar os projetos selecionados, exibir a situação atual da avaliação e atualizar seus dados cadastrais.

Na coluna *Enviar solução do projeto* o aluno tem acesso a um formulário, mostrado parcialmente na Figura 7, para enviar seu projeto que será corrigido pelo programa.

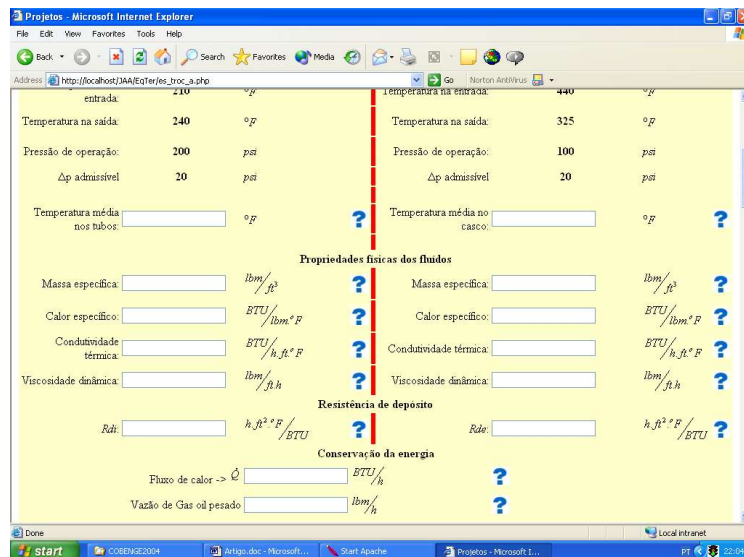


Figura 7 – Formulário para envio da solução

O formulário é composto de 104 itens que devem ser informados, para acompanhar o projeto passo a passo. A correção é retornada ao aluno no próprio formulário, onde os pontos de interrogação são substituídos por sinais de certo [ ] e errado [ ]

## 5. AVALIAÇÃO

Quando o aluno envia a solução por ele adotada para o trocador de calor, o programa verifica os cálculos e validade dos parâmetros escolhidos, retornando os erros e acertos. Entendemos que o estudante deve adquirir a habilidade de projetar um equipamento que

funcione, e portanto, não existe projeto parcialmente correto. Para que esta habilidade seja adquirida, cada aluno tem inicialmente 15 acessos ao sistema disponíveis, e a cada acesso o sistema informa ao estudante os erros detectados para que ele os corrija no próximo acesso. A nota atribuída ao aluno será igual ao número de acessos restantes quando o sistema retornar zero erros, limitada a um máximo de dez.

## 6. CONCLUSÃO

No primeiro ano de implantação o sistema apresentou bons resultados, pois ficou evidente o entusiasmo de alguns alunos com a nova metodologia. Quanto ao desempenho acadêmico, dos 28 alunos matriculados, 25 foram aprovados e as 3 reprovações foram por abandono e não por baixo rendimento, entretanto, este fato não nos permite concluir sobre variações no índice de aproveitamento com relação a anos anteriores, quando os projetos eram feitos do modo tradicional, porque o índice foi da mesma ordem de grandeza. Cabe salientar que no modo tradicional também era possibilitado ao aluno refazer o projeto várias vezes, só que com menos agilidade na correção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELLONI, Maria Luiza. **Educação a distância**. 2ª ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2001.
- FRAAS, A. P. and ÖZISIK, M. N. **Heat Exchanger Design**. Wiley. New York, 1965.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 21ª ed. São Paulo, SP: Paz e Terra, 1996.
- KAKAÇ, S., BERGLES, A. E., MAYINGER, F. (eds) **Heat Exchangers: Thermal-Hydraulic Fundamentals and Design**, Hemisphere, Washington, 1981
- KERN, Donald Q. **Processos de Transmissão de Calor**. Editora Guanabara Dois S.A., Rio de Janeiro – RJ, 1980.
- LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. Trad. Carlos I. da Costa. São Paulo, SP: Ed. 34, 1999.
- LÉVY, Pierre. **O que é o virtual**. Trad. Paulo Neves. São Paulo, SP: Ed. 34, 1996.
- TEMA, **Tubular Exchanger Manufacturers Association**, New York, 1959.
- TINKER, T. **Shell side characteristics of shell and tube heat exchanger**. Trans. ASME Vol. 80, 1958, pp. 36.

## INTERACTIVE VIRTUAL ENVIRONMENT FOR HEAT EXCHANGERS DESIGN

**Abstract:** *This article introduces an interactive virtual environment at teaching and learning evaluation, in thermal equipments discipline, of Mechanical Engineering Course - FURG - RS. The high-level programming language PHP as well as HTML hypertext document were utilized in the environment construction, being also used a database MySQL. The*



*environment is divided at a share public and another private. In the share public of environment the user disposes of bibliographical stuff and in the private share, with restricted access to the matriculated pupils in the discipline, has an interactive environment where are developed heat exchangers design, evaluated from the program, that indicates the successes and errors, allowing the correction of theses last from the pupil, that assimilates the acquaintance the each mistake corrected. We observed good acceptance of the new methodology for the students, that demonstrated more interesting and improvement in connection with previous class, where was used the traditional methodology.*

**Key-words:** *Interactive virtual environment, Heat exchangers, Interactive teaching methodology.*