

FUNDAMENTOS DE FORMAÇÃO DE IMAGENS MÉDICAS: UM CURSO EM REDE

Homero Schiabel; Michele F. Angelo
Departamento de Engenharia Elétrica – EESC/USP

Av. Dr. Carlos Botelho, 1465 – 13560-250 – São Carlos (SP) – E-mail: homero@sel.eesc.sc.usp.br

RESUMO – Neste trabalho descreve-se, em linhas gerais, a colocação em rede de um curso básico sobre os conceitos e fenômenos associados aos processos de formação de imagens médicas, voltado a interessados e estudantes, em particular, de Engenharia Elétrica, Engenharia Biomédica, Física, Medicina e outras pessoas que, de algum modo, lidam ou realizam pesquisa com imagens médicas. A partir da reformulação de um curso existente há 6 anos – intitulado *Fundamentos Físicos dos Processos de Formação de Imagens* –, e utilizando recursos tecnológicos atuais de implementação em rede, tornou-se disponível ao público acima considerado uma série de conceitos a respeito do processo de formação de imagens de acordo com as diferentes técnicas e equipamentos existentes, voltadas ao diagnóstico de uma gama extensa de doenças. O curso está associado, por *link* a um banco de imagens, que as apresenta não apenas em função do tipo de órgão ou estrutura anatômica, mas também em função da técnica de formação utilizada (raios-X, RMN, ultra-som ou por medicina nuclear). Uma grande vantagem desse processo de apresentação do curso é a possibilidade de ampliar o alcance não apenas dos aspectos conceituais relacionados ao processo de formação de imagens médicas, mas também dos resultados mais importantes dos trabalhos continuamente desenvolvidos nessa área, mantendo uma constante atualização das inovações que vão surgindo.

INTRODUÇÃO

Há anos, educadores e empresários começaram a perceber que uma quantidade significativamente grande de estudantes e pesquisadores interessados em geral poderia ser atingida usando a Internet para oferecer, não apenas informação, mas informação estruturada, em forma de processos educativos. Hoje, mais de um terço das faculdades e universidades norte-americanas oferece o chamado “ensino à distância” e prevê-se que, dentro de mais dois anos, 80% delas estarão fazendo isso⁽¹⁾.

No Departamento de Engenharia Elétrica da EESC/USP, alguns pesquisadores ligados à área de Sistemas Digitais e Microprocessadores têm revisto e reformulado alguns dos cursos de graduação para apresentá-los em rede em aulas ministradas em salas informatizadas⁽²⁾. Seguindo essa tendência, alguns dos cursos comumente ministrados a alunos do programa de Pós-graduação do Departamento passaram também por tal reformulação. Particularmente, na área relacionada a imagens médicas, o Departamento oferece alguns cursos básicos há vários anos, como as disciplinas *Fundamentos Físicos dos Processos de Formação de Imagens*; *Avaliação de Qualidade de Imagens*; *Técnicas de Formação de Imagens*; *Introdução ao Processamento de Imagens Digitais*, além de outros que utilizam conceitos relacionados a imagens digitais, como *Fundamentos de Digitalização de Imagens* e *Visão Computacional*.

Em projeto desenvolvido em 1997 no âmbito do programa SIAE (Sistema Integrado de Apoio ao Ensino), das Pró-reitorias de Graduação e Pós-graduação da USP*, foi desenvolvido um primeiro protótipo de um banco de imagens médicas digitalizadas – já introduzido como parte de um curso de pós-graduação do departamento de Eng. Elétrica da EESC/USP – no intuito de melhor ilustrar os conceitos, técnicas e ferramentas diagnósticas da área médica, no que se refere à característica geral da imagem visualizada e em função do tipo de técnica de formação⁽³⁾. Como um prolongamento desse recurso didático, foi agora desenvolvido o presente trabalho, cujo principal objetivo é possibilitar o atendimento de forma mais extensa de uma gama de estudantes e outros interessados que, por diversos motivos, não têm condições de participar dos cursos mencionados e nem de seus recursos multi-mídia, estabelecendo, portanto, um canal de acesso a essas informações e discussões via-rede. Além disso, a partir da primeira experiência realizada com a turma de 1999, começa a tornar-se interessante não só por atingir um público maior, como também por proporcionar informação e material geralmente de acesso restrito a alunos de outras formações, como, por exemplo, estudantes de medicina que estejam interessados em se aprofundar no conhecimento dos processos de formação de imagens, que é a principal fonte de dados para elaboração do diagnóstico num conjunto extenso de doenças.

DESCRIÇÃO DO CURSO

O curso de *Fundamentos Físicos dos Processos de Formação de Imagens* existe há sete anos, desde que foi ministrado pela primeira vez a alunos do programa de Pós-graduação do Departamento de Engenharia Elétrica da EESC/USP. É um curso básico sobre os conceitos físicos associados ao processo de formação de imagens, com ênfase naquelas utilizadas pela área médica para análise de anormalidades de estruturas anatômicas e elaboração do diagnóstico. Os principais conceitos abordados tratam dos fenômenos que levam à formação da imagem proveniente do seguinte conjunto de processos: (a) ótico (luz visível e raios laser); (b) de radiação ionizante (raios-X e radioisótopos); (c) de ultra-som; e (d) de ressonância magnética nuclear (RMN).

Em relação ao primeiro processo, além dos fundamentos de Ótica Física e Geométrica, são analisados os aspectos relacionados aos problemas da visão (astigmatismo, miopia, hipermetropia) e à instrumentação ótica existente para diagnóstico e eventual correção, como auto-refratores e equipamentos para cirurgias a laser. Processos de formação do raio laser, e utilização de instrumentação utilizando essa radiação, inclusive para formação de imagens como a holográfica, são também abordados nessa fase do curso.

Como a maioria dos equipamentos de diagnóstico por imagem médica corresponde a aparelhos de raios-X, os conceitos relacionados à sua formação, interação com os tecidos, e produção da chamada imagem radiográfica, cobrem uma boa parte do curso. Aspectos recentes, relacionados à aplicação de computação à radiografia, e ao desenvolvimento da radiografia digital, são também enfocados, juntamente com abordagens sobre controle de qualidade, efeitos biológicos da radiação ionizante e radioproteção. E, ainda em relação ao uso de radiação ionizante na formação de imagens médicas, aborda-se o processo de medicina nuclear, em que produtos farmacêuticos devidamente elaborados em associação com elementos radioativos (radioisótopos, como iodo133, por exemplo) são injetados no paciente e a radiação gama emitida de dentro para fora do corpo é monitorada por equipamentos específicos – as chamadas câmaras gama – para produção de imagens, principalmente funcionais, de certos órgãos (como tireóide e rim, por exemplo).

* “Criação de um Banco de Imagens Médicas Digitalizadas para Suporte em Cursos de Avaliação e Processamento de Imagens”, Proc. USP 97.1.694.18.3.

Além desses tópicos, o curso ainda apresenta toda a fundamentação da formação da imagem por ultra-som – conceitos relacionados à piezoeletricidade, ao efeito Doppler, e aos modos de sensoramento dos ecos ultra-sônicos -, bem como do conceito físico da ressonância magnética nuclear, e suas implicações na magnetização de átomos de hidrogênio para formação de imagens de órgãos (principalmente cérebro), geradas por campos de rádio-freqüência.

ELABORAÇÃO DOS TÓPICOS EM FORMATO HTML

O projeto original de reformulação do curso e sua implantação em rede teve uma das frentes de atuação na elaboração de uma base de imagens médicas seletiva a partir de diversos equipamentos médicos. Um banco de imagens médicas genérico foi elaborado em 1997, estando em constante atualização⁽³⁾. Estão disponíveis na base de dados atualizada imagens de raios-X em geral (pulmão, mama, abdômen, coluna, intestinos, esôfago, estômago, gânglios linfáticos, joelho, quadril, tórax, pé, mão, crânio, coluna vertebral e coração), por tomografia computadorizada de raios-X (joelho, tórax, quadril, crânio, aparelho auditivo, pulmão), de ultra-som (feto, baço, fígado, veias aorta, cava inferior, porta e supra-hepática, pâncreas, rim, abdômen, colo uterino, endométrio, ovário, testículo, pelve, próstata), de RMN (coração, pé, abdômen, crânio, pescoço, quadril, joelho, tórax, pulmão, encéfalo e crânio), por Medicina Nuclear (rim, encéfalo e esqueleto – densitometria óssea) e, agora também, de olhos (ou partes específicas) retratando problemas de visão (córnea, retina).

A maioria dessas imagens – obtidas gradativamente junto ao Hospital das Clínicas da FMRP/USP de Ribeirão Preto – foram digitalizadas num *Scanner* UMAX Powerlook II em nosso laboratório, embora algumas tenham sido fornecidas já digitalizadas (num *Scanner* HP do próprio hospital) e outras, por se tratarem de imagens de vídeo, foram digitalizadas em placas de captura do tipo SE-100 ou Matrox. Todas estão arquivadas em um servidor no LADI (Laboratório de Análise e Digitalização de Imagens) do Departamento de Engenharia Elétrica da EESC/USP. Na página principal do curso colocado em rede, há um “link” para a página do LADI, onde o interessado pode inteirar-se do banco de imagens e do programa “Image”, correspondente ao gerenciamento da base de dados.

A parte principal do projeto, porém, consistiu em duas linhas de trabalho: a primeira, relacionada com a reformulação completa do curso, que está dividido em diversos tópicos, conforme descrito mais adiante; e a segunda, relacionada com a montagem dos quadros e “links” em padrão HTML para possibilitar o acesso via-Internet. Na parte do curso em si, os tópicos abordados são os seguintes:

- (1) Conceitos óticos de formação de imagens – esse assunto encontra-se subdividido em quatro diretórios diferentes, aos quais poderíamos denominar simplesmente de “Aulas”: **Ótica1, Ótica2, Ótica3 e Ótica4**. Como complemento a esse tópico, encontra-se mais uma “aula”: **Difração**, correspondente a um seminário apresentado durante o curso de 1999.
- (2) Laser – também esse assunto encontra-se dividido em 3 “aulas”, mais uma correspondente a seminário, respectivamente: **Laser1, Laser2, Laser3 e Holografia**.
- (3) Radiação ionizante: formação dos raios-X, interação da radiação com a matéria e formação da imagem radiográfica. Corresponde às “aulas” **Raios-X1, Raios-X2, Raios-X3 e Raios-X4**. Nesse tópico, também são abordados conceitos relativos aos efeitos biológicos da radiação e proteção

necessária na “aula” **Proteção Radiológica**, e é feita ainda uma abordagem mais específica sobre diagnóstico de estruturas e detalhes pequenos na “aula” **Mamografia** (ambas resultantes de seminários).

- (4) Radiação ionizante: formação de imagens a partir de interação entre radioisótopos injetáveis no organismo e câmaras de cintilação detectoras de raios gama (câmaras gama), no conceito de diagnóstico em Medicina Nuclear. Corresponde a uma única “aula”, **Medicina Nuclear**, resultante também de seminários.
- (5) Ultra-som: conceitos de piezoeletricidade, efeito Doppler e as técnicas para formação de imagens médicas através dessa modalidade. Correspondem às “aulas” **Ultra-som1**, **Ultra-som2** e **Ultra-som3**.
- (6) Ressonância magnética nuclear: assim como para as outras modalidades, são apresentados os conceitos do processo e da formação de imagens por RMN, com destaque para a técnica tomográfica. Fruto de seminários, esta “aula” está registrada no arquivo **RMN**.
- (7) Um último “link” na página principal remete a um diretório contendo a bibliografia básica do curso e aos agradecimentos a pessoas e instituições que colaboraram para a montagem do curso da forma atual.

Todas as aulas do curso apresentam, via-de-regra, um padrão: (a) introdução, com um histórico sobre a origem do referido processo de formação de imagem médica; (b) apresentação dos conceitos físicos fundamentais acerca do assunto; (c) descrição da física da formação da imagem; e (d) principais aplicações médicas do processo. Ênfase maior é dada, entre as abordagens, a dois tópicos em particular: Ótica, dadas as características gerais da formação da imagem luminosa, da luz e dos princípios de sua propagação – que se expandem para os conceitos e aplicações do laser e são base para a propagação de ondas eletromagnéticas e de partículas quânticas –; e Raios-X, que constituem o processo mais utilizado de formação de imagens médicas para diagnóstico de patologias, entre outros motivos, por ser o processo que há mais tempo tem sido utilizado na Medicina.

Esses conceitos e aspectos foram preparados inicialmente através de seqüências de quadros sob formato de apresentações do programa *Powerpoint*, na divisão de acordo com a modalidade do processo de formação de imagem (conforme já descrito). Esse formato foi escolhido porque, além de muito difundido, é de fácil acesso por qualquer microcomputador que tenha Windows95 e Office instalados, e permite mudanças ágeis quando necessário. As imagens, principalmente de órgãos e/ou patologias, ilustrativas dos diversos e diferentes processos e equipamentos correlatos, foram introduzidas em sua maioria a partir de casos reais obtidos para a construção do banco de imagens, e foram acrescentadas conforme a necessidade de ilustração de cada conceito.

O curso foi sendo reformulado e, paralelamente, ministrado a uma turma inscrita na Pós-graduação da Engenharia Elétrica da EESC/USP em 1999. Resultados do curso em si, alguns seminários apresentados pelos alunos complementam os tópicos previstos na ementa, e estão já inseridos no contexto completo da disciplina em rede.

A montagem em rede foi feita através da transformação de todos os “slides” de cada aula em padrão *HTML* através da utilização do *Powerpoint*, versão 97. Essa transformação gerou um diretório – para cada aula ou conjunto de aulas – correspondente a um determinado conjunto de “slides” referente a um tópico em particular, conforme descrito anteriormente. A partir disso, foi gerado um outro arquivo (“Index.htm”), que gerencia a chamada dos arquivos referentes a todas as aulas. Todos esses conjuntos de arquivos –

correspondentes a aproximadamente 150 Mb de espaço em memória – foram transferidos para uma estação de trabalho do Departamento de Engenharia Elétrica da EESC/USP, com servidor de WWW, permanentemente ligada em rede, o que possibilita o seu acesso a qualquer momento, e de qualquer computador ligado à Internet e Web. Uma estação do Departamento (“*Iris*”) já é utilizada como servidora para outros cursos que são ministrados por professores da área de Sistemas Digitais e Microprocessadores, tanto para Graduação como Pós-graduação em Engenharia Elétrica. Aproveitando esse aspecto, portanto, foi instalada uma “chamada” do presente curso também na página de entrada naquela estação, a partir da qual é feito um “link” rumo à página principal do curso *SEL 705 – Fundamentos Físicos dos Processos de Formação de Imagens*. Nas duas figuras a seguir, são mostradas tanto a página de entrada dos cursos do Departamento de Eng. Elétrica, na estação *Iris*, como a página principal do curso em questão, na estação *LADI*. O acesso ao curso, assim, pode ser feito acessando o endereço seguinte: <http://iris.sel.eesc.sc.usp.br>.

Uma vez “carregada” a página referente à figura 1 a seguir, deve-se clicar no “link” referente ao curso *SEL 705 – Fundamentos Físicos dos Processos de Formação de Imagens* na parte de baixo e, então, será “carregada” a página referente à figura 2, que é efetivamente a página principal do curso.

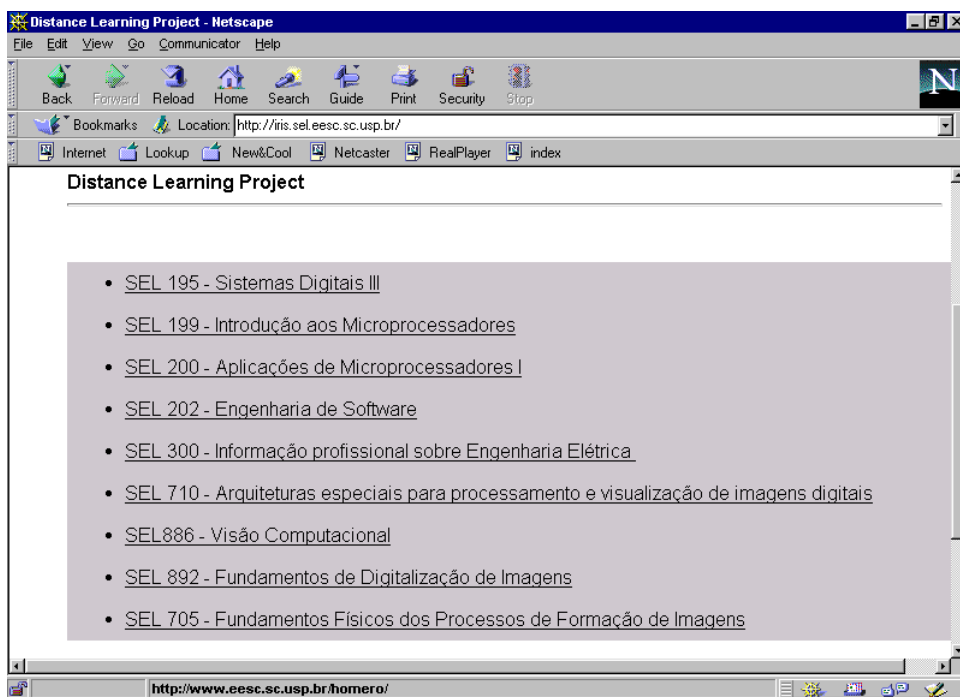


FIGURA 1 – Página de entrada para os cursos em rede do Departamento de Engenharia Elétrica da EESC/USP (o curso em questão encontra-se na parte mais inferior da página)

Finalmente, clicando-se sobre os itens específicos que aparecem listados na página principal do curso, pode-se “navegar” pela estrutura das aulas correspondentes àqueles tópicos, conforme descrito inicialmente. Numa seção anexa a este relatório, são ilustradas diversas das páginas das aulas, no formato de “slide” do *Powerpoint*, na forma como aparecem em programas de navegação na Internet, como o *Netscape*, por exemplo. Num APÊNDICE, são apresentadas figuras ilustrativas de alguns “slides” dos tópicos descritos acima, conforme aparecem nas respectivas páginas *web*.

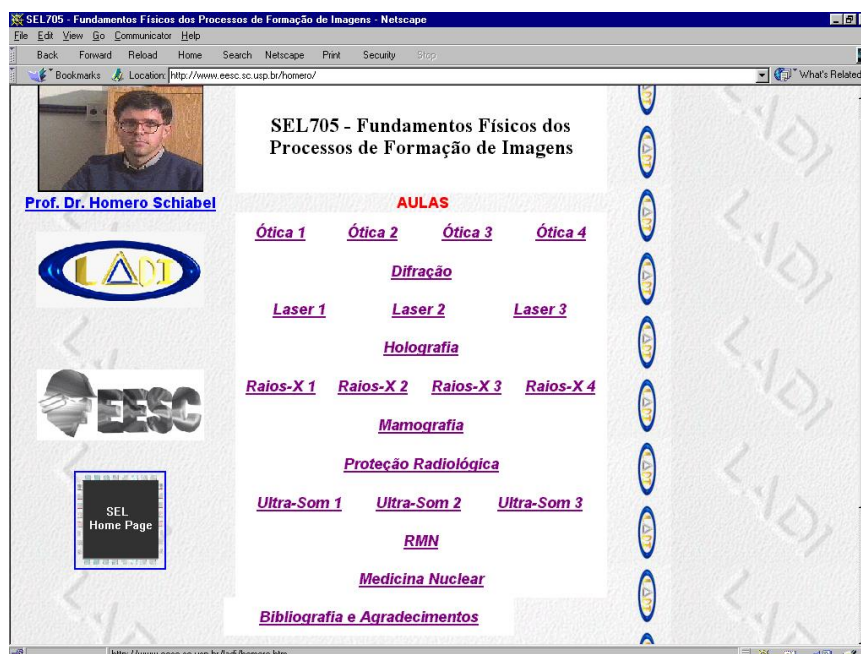


FIGURA 2 – Página principal de entrada para a estrutura de tópicos do curso
(o acesso também pode ser feito diretamente no endereço <http://www.eesc.sc.usp.br/homero/>)

DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Os principais fatores que levaram à reformulação desse curso, estruturando-o agora em um contexto de Ensino à Distância foram:

- (a) atendimento à política de contínua modernização dos programas de graduação e pós-graduação do Departamento, aquele na 3^a. fase do processo de implantação da nova grade curricular e este em busca da manutenção do nível de excelência;
- (b) necessidade de uma modificação de enfoque em certos tópicos, em função da ênfase em novas tecnologias de equipamentos ;
- (c) necessidade de atualização, contemplando, de um lado, os conjuntos maiores de interesses ligados à área médica, e, de outro, as novas formas de obtenção, sobretudo, de imagens digitais;
- (d) estabelecimento de um intercâmbio mais intenso com outras áreas inter-relacionadas, e que podem ser beneficiárias do curso;
- (e) necessidade de, face aos aspectos acima mencionados e aos recursos de multi-mídia hoje disponíveis, modificar os aspectos ilustrativos.

Por isso, a intenção foi tornar o curso disponível em rede para que todos os interessados na área e, em particular, estudantes de Engenharia Elétrica, Engenharia Biomédica, Física, Medicina, e pessoas que trabalham com imagens médicas possam não só atualizar-se, como interagir através dos diversos mecanismos proporcionados pela Internet, na busca e troca de conhecimento. Nesse contexto, é fundamental que o curso tenha uma base de imagens bem seletiva, capaz de abranger todos os tipos de técnicas de formação de imagens médicas existentes.

De modo mais gradativo, cremos que o curso poderá servir como especialização para outro público-alvo, qual seja, alunos de graduação na nova estrutura curricular do curso de Engenharia Elétrica da EESC/USP que optarem pela formação de

Estudos Especiais em Sistemas Digitais, modalidade que começa a vigorar a partir do primeiro semestre de 2000, e principalmente, para aqueles que optarem pela formação de Estudos Especiais em Engenharia Biomédica, que começará a vigorar a partir de 2001. Além disso, vislumbramos uma boa perspectiva de que esse curso possa ser utilizado por estudantes e mesmo profissionais de outras áreas que não Engenharia e Física, em busca de atualização, como, por exemplo, os ligados à área médica, principalmente em três tipos de especializações: oftalmologia, ginecologia, e radiologia (que, aliás, engloba processos de obtenção de imagens médicas como ultra-som e RMN também).

Com certeza, há aprimoramentos que podem ser implementados e atualizações principalmente sobre equipamentos e técnicas em modalidades mais recentes, como Ressonância Magnética Nuclear, são sempre necessárias. A vantagem, porém, da forma como a proposta foi estruturada será a possibilidade de que o curso seja sempre atual, totalmente acessível, e – importante – aberto a outras propostas (através de contato por *e-mail*).

AGRADECIMENTOS

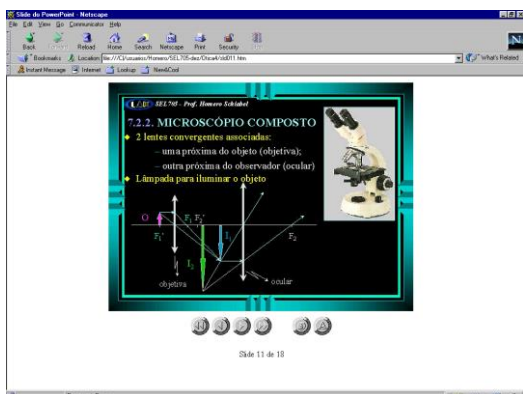
Às Pró-Reitorias de Graduação e Pós-graduação da USP, e Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto.

REFERÊNCIAS

- (1) STEINBERG, J. *Jornal “O Estado de São Paulo”*, p. B9, 20/02/2000.
- (2) GONZAGA A.; RODRIGUES, E.L.L.; PAIVA, M.S.V.; GRELLA, A.R.; MONACO, F.J.; GUERREIRO, L.B.; PUPO, M.S. Ferramenta para geração de cursos através da Internet: uma aplicação dentro do sistema formal de educação. *V Congresso Internacional de Educação à Distância*, ABED/1998, SP.
- (3) SCHIABEL, H.; AZEVEDO MARQUES, P. M.; FERRARI, R. J.; CHIARADIA, C.; FRÈRE, A. F. - A bank of digitized medical images for using in courses of images processing and quality evaluation - *9th. World Congress on Medical Informatics (MEDINFO98)*, p. 798 - Seul (Coréia), Aug, 18-22, 1998.

APÊNDICE

Figuras ilustrativas de alguns dos “slides” do curso em rede



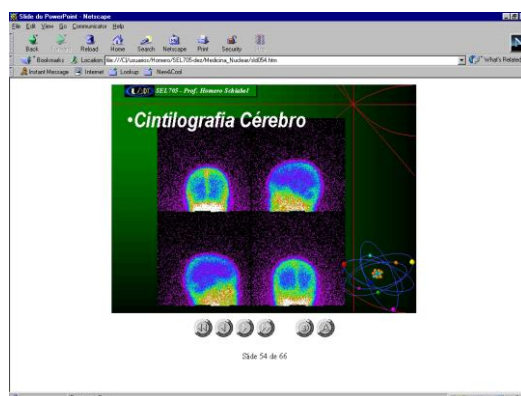
(a)



(b)



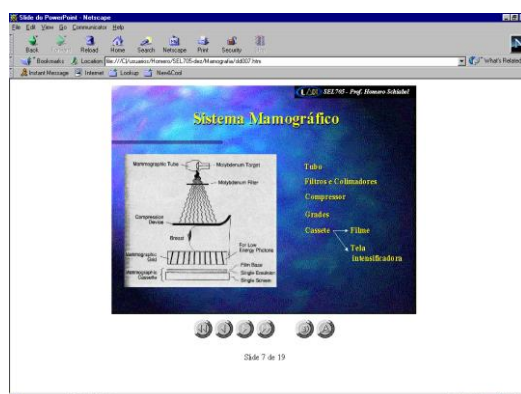
(c)



(d)



(e)



(f)

- (a) Formação da imagem no microscópio (aula *Ótica4*); (b) Slide introdutório do processo de formação da imagem radiográfica para diagnóstico (aula *Raios-X 3*); (c) Aparelhos de Ultra-som (aula *Ultra-som2*); (d) Exemplo de cintilografia cerebral (seminário *Medicina Nuclear*); (e) Processo de ressonância (seminário *RMN*); (f) Esquema do sistema mamográfico (seminário *Mamografia*).