

APLICAÇÃO DO LABORATÓRIO VIRTUAL NO CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Fonseca, Monaliza; Maidana, Nora.

Instituto de Física – Universidade de São Paulo, Brasil.

monalizafonseca@gmail.com

RESUMO

Fazendo uso de recursos virtuais buscamos apresentar ao professor uma nova estratégia de ensino para aulas de física que atraia o aluno e o envolva de forma investigativa na busca pelo conhecimento. Para tanto será apresentado o Laboratório Virtual, espaço esse que visa complementar a ação docente em sala de aula, a fim de trabalhar conceitos abstratos de maneira experimental. Este laboratório foi desenvolvido a partir da filmagem de sistemas reais com o objetivo de observar todo o movimento do objeto em estudo junto com um instrumento que possibilitou a medida de sua posição. Posteriormente, incorporou-se ao vídeo um código de tempo, de modo que, ao transformar-se o filme em quadros independentes, as imagens extraídas permitiram medir a posição ocupada pelo corpo em instantes sucessivos e conhecidos. Com uma tabela de posição por tempo toda a evolução dinâmica do sistema pode ser obtida. Esse espaço virtual vem sendo usado desde 2004 nos cursos de mecânica da graduação em Licenciatura em Física da Universidade de São Paulo e vem se apresentando como uma inovação no método de desenvolvimento curricular, uma vez que busca na tecnologia uma nova maneira de trazer a experimentação para o contexto do ensino.

INTRODUÇÃO

Como consequência do avanço da tecnologia, acompanhar as inovações não é tarefa fácil no que tange à aparelhagem eletroeletrônica; imagine então a implantação de determinadas ferramentas tecnológicas no sistema de ensino. A educação, seguindo seus moldes tradicionais apresenta sérias dificuldades em adotar e se adaptar à mudanças, no entanto diversas estratégias são propostas para fazê-la acompanhar o ritmo da tecnologia. Isto nos leva a pensar numa maneira de incluir essa ferramenta ao contexto escolar. Os jovens estão cada vez mais conectados, buscando novas formas de comunicação e interação com os outros, por isso surge a necessidade de potencializar o uso desse meio (LÉVY). Seus recursos são inúmeros e, se bem aproveitados, podem servir de suporte às aulas teóricas. A inserção dessa tecnologia ao ensino, em

especial de Física, vai de encontro à necessidade cada vez maior do professor em tornar o conhecimento científico mais atraente para os alunos (FIOLHAIS et al.). Dentre as diversas estratégias possíveis para o ensino, a que receberá destaque neste trabalho é o laboratório didático, reformulado de modo a adequá-lo às novas tecnologias. O laboratório virtual pode ser pensado de duas maneiras diferentes, por um lado simulações, que recriam situações físicas idealizadas de modo a facilitar a interpretação de um fenômeno físico e, por outro, os experimentos filmados, que usam situações físicas filmadas como base de uma análise quantitativa (FONSECA, et al, 2013). É esse último que receberá destaque nesse trabalho.

A MECÂNICA NO LABORATÓRIO VIRTUAL

Dentre todos os conteúdos abordados pela física, um deles possui uma particularidade que permitiu a criação do laboratório virtual, trata-se da Mecânica. O movimento dos corpos descritos nessa área é tratado como o movimento de pontos materiais, de forma que toda a informação para o seu estudo estão contidos na sua trajetória. A possibilidade de fazer um registro de posições ao longo do tempo permite que toda a mecânica embutida no movimento do corpo em estudo seja trazida a tona. Tendo em vista essa particularidade da mecânica, pensou-se numa maneira de obter registros de trajetórias de diversos corpos nas mais variadas situações. Essas por sua vez quando reunidas constituiriam o chamado laboratório virtual.

Na grade horária do primeiro semestre dos licenciandos em física, uma disciplina ministrada é Fundamentos de Mecânica. Concomitantemente a ela os alunos também possuem disciplinas de laboratório, onde têm o primeiro contato com aparatos e instrumentos de medida. Percebeu-se que o conteúdo visto nas aulas teóricas de mecânica não eram em tudo compatíveis com as de laboratório, em geral os conteúdos estudados não eram os mesmos. Viu-se aí a necessidade de oferecer um espaço de experimentação para que os alunos pudessem aplicar experimentalmente os conceitos abordados nas aulas teóricas.

CRIAÇÃO DE UM EXPERIMENTO VIRTUAL

O grupo que elaborou o espaço do Laboratório Virtual foi constituído por dois professores coordenadores e de dois a quatro estudantes, que mudavam ao longo de vários anos. Nas reuniões do grupo foram selecionados experimentos que não necessitavam de materiais e equipamento sofisticados, envolvendo objetos familiares aos estudantes. Os passos seguidos consistiam em:

a) Escolha do experimento e discussão de quais grandezas físicas poderiam ser determinadas a partir da montagem idealizada.

b) Filmagem de todo o aparato experimental de modo a conseguir extrair os dados em uma análise posterior.

c) Verificação da qualidade das medidas das grandezas de interesse, a partir dos quadros (fotos) extraídos dos filmes.

Se a qualidade das medidas era considerada adequada, o experimento era incorporado ao acervo com as seguintes etapas:

d) Realização de novas filmagens com possíveis melhoras na qualidade do experimento.

e) Elaboração dos roteiros, que instruíam os alunos na realização das experiências.

Quando as medidas obtidas não tinham qualidade satisfatória, ou novos arranjos experimentais eram filmados até se obter dados com a qualidade desejada ou buscava-se outro experimento.

As condições favoráveis à filmagem foram de extrema importância: ambiente com boa iluminação, posicionamento correto da câmera, fundo adequado, entre outros, foram fatores que enriqueceram a qualidade do material a ser empregado e facilitaram a leitura dos quadros por parte dos alunos.

Uma vez escolhido o conteúdo físico a ser estudado era o momento de filmar, editar e disponibilizar o experimento, tomando os cuidados descritos a seguir.

Filmagem

Durante o processo de filmagem, levou-se em conta que todo material produzido iria ser acessado apenas pela página virtual, precisando então ser capaz de mostrar a totalidade do experimento. Para isso, foram realizadas dois tipos de filmagens: uma à distância, que permitia uma visão geral do arranjo experimental e seu funcionamento, e outra de perto (em *close*), que destacava o objeto estudado e o instrumento de medição usado na leitura das posições, lineares ou angulares, conforme o sistema de interesse. Essa filmagem em *close* era realizada de modo a manter o corpo em movimento (ou parte dele) dentro do campo de visão da filmadora, para que fosse possível medir as posições do objeto nos diferentes instantes de tempo, e minimizar o efeito de paralaxe.

Edição

Para dar início ao tratamento do filme, inseriu-se um contador de tempo no vídeo gravado. Há vários programas com essa função, em especial neste trabalho usamos o *VirtualDub*, com o qual é possível marcar o tempo até os milésimos de segundo. Esse cronômetro digital, comumente chamado de *time code*, foi inserido de modo a ficar numa extremidade dos quadros do vídeo. Assim, toda vez que é acionado o comando “*play*”,

a posição do objeto filmado e a contagem do tempo são vistas simultaneamente. A etapa seguinte foi o desdobramento do vídeo em fotos, com o contador já incorporado. Para isso, existe a possibilidade de usar os programas *VirtualDub* ou o *Adobe Premiere*, os quais possibilitam a extração de quadros de um vídeo, cujos intervalos de tempo são iguais a 1/30 de segundo. Quando o filme for todo transformado em quadros, cada um terá seu código de tempo, referente a um instante específico do movimento.

Disponibilização

Todo o material produzido, tanto os filmes quanto as fotos, ficam disponíveis na página <http://www.fisfoto.if.usp.br>.

A página do experimento virtual deve ser suficientemente bem organizada para que, quando o aluno navegue pela rede, consiga ter acesso a todo o conteúdo necessário à realização do experimento. No *link* citado acima é possível visualizar a página de abertura dos experimentos virtuais. Abas na parte superior permitem acessar cada conjunto específico de experimentos. Assim, na aba *Translação* encontram-se experimentos que envolvem movimento linear, nos quais é possível estudar conceitos de atrito, força, conservação de quantidade de movimento e energia. Na aba *Rotação* existem experimentos usados no estudo de movimentos circulares como rodas de inércia, giroscópios e rolamentos com e sem escorregamento.

A fim de facilitar a compreensão dos alunos, a estrutura da página de cada experimento virtual possui elementos comuns (*Introdução, Roteiro, Processo de Filmagem, Materiais, Filmes e Fotos*).

Na página de abertura de cada experimento, abaixo da foto que ilustra o mesmo, encontra-se o roteiro necessário para sua execução, onde está a descrição detalhada de como o aluno deve prosseguir na obtenção de dados e análise correspondente.

A aba *Filmes e Fotos* apresenta os filmes dos movimentos vistos de longe, para apreciar a experiência, e em *close*, para a leitura dos dados. Também são dispostas, quando necessário, as fotos dos objetos de estudo sobre uma balança, onde se vê o valor da massa, evidenciando assim a fonte dos valores adotados para as grandezas físicas, o que evita dúvidas posteriores sobre a origem dos dados.

Nossos estudantes (curso de Licenciatura do IFUSP), quando iniciam seus estudos nos experimentos virtuais, não têm familiaridade com ferramentas computacionais como as planilhas de cálculo de computador. Por isso, desenvolveu-se o projeto da *monitoria web* com o objetivo de proporcionar ao aluno conhecimentos adequados para que possa elaborar planilhas e gráficos de qualidade. Após a realização das experiências, os

alunos devem entregar um relatório, normalmente redigido em dupla e com o auxílio de um editor de texto no computador, que é corrigido pela equipe que ministra a disciplina. Esses relatórios são corrigidos e devolvidos rapidamente, para que eles possam avaliar seu trabalho e em alguns casos para que possam retificar tanto a análise dos dados quanto corrigir erros conceituais.

APLICAÇÃO DO LABORATÓRIO VIRTUAL

O laboratório virtual vem sendo aplicado nos cursos de licenciatura da graduação em Física. A fim de avaliar a eficácia do laboratório virtual, em alguns experimentos, parte dos alunos realizou experiências equivalentes de maneira tradicional, ou seja, em um laboratório convencional, usando todos os equipamentos necessários para a montagem do arranjo experimental e fazendo as medições sem a intermediação da filmagem. O roteiro empregado por essa parcela da turma foi reformulado de modo a medir as mesmas grandezas que são determinadas no laboratório virtual. O processo finalizou com a comparação dos resultados obtidos nos dois tipos de laboratório e a verificação da qualidade dos resultados para cada tipo de experiência. Levantou-se também a opinião dos alunos sobre qual dos laboratórios teria sido mais eficiente e em quais momentos escolheriam um ao invés do outro. Será essa atividade descrita em detalhes na sequência desse trabalho.

O EXPERIMENTO VIRTUAL RODA DE INÉRCIA

O experimento consistia no estudo do movimento de rodas de inércia aceleradas pela queda de pesos amarrados a extremidade de um fio enrolado em cada uma. O objetivo era familiarizar o estudante com as grandezas cinemáticas e dinâmicas associadas aos movimentos de rotação tais como aceleração angular, torque do peso e o momento de inércia da roda possibilitando ao aluno a chance de medi-las experimentalmente e confrontá-las com os valores teóricos esperados.

O aparato era composto por uma roda de inércia (formada por um disco de acrílico e outro de alumínio) que era fixada em um suporte de madeira que mantinha todos os elementos na vertical. Para melhor avaliação da verticalidade do equipamento um fio de prumo era preso à base.



FIGURA 1: Roda de Inércia usada no experimento

Preso à roda de inércia (à um dos dois discos) existia uma massa, que era a responsável por provocar um torque na roda através de sua queda livre. Tendo esse aparato experimental montado foi gravado o filme que serviria de base para extração das fotos que seriam analisadas pelos alunos.

Para realizar a filmagem, a câmera foi posicionada frontalmente ao disco de inércia de modo que ela pudesse focar um transferidor apoiado em frente ao disco cuja finalidade seria registrar as posições angulares de uma marcação feita sobre ele. A roda foi então solta e a câmera registrou o movimento da marca ao longo do tempo.

Com o filme pronto foi inserido a ele um código de tempo para que posteriormente ele pudesse ser transformado num conjunto de fotos como o da figura 2.



FIGURA 2: Conjunto de fotos usadas para análise

A partir dos dados das fotos a primeira grandeza a ser estudada pelos alunos foi a aceleração angular. Para isso, seguindo o roteiro proposto na página virtual (http://www.fisfoto.if.usp.br/rotacao/roteiros/roteiro_roda_inercia.pdf) deveria ser construída uma planilha de posições angulares (θ) em função do tempo a partir dos dados das fotos, os quais possibilitariam o cálculo da velocidade angular (ω) do disco de inércia ao longo do tempo.

$$\bar{\omega}_p[t_{i-1};t_{i+1}] = \frac{\Delta\theta_p}{\Delta t} = \frac{\theta_{i+1}-\theta_{i-1}}{t_{i+1}-t_{i-1}}, \quad (1)$$

onde $\bar{\omega}_p$ é a velocidade de precessão média para um intervalo $[t_{i-1}; t_{i+1}]$, t_i é o tempo na foto de número i e $\theta_p(t_i)$ é a posição lida no transferidor da marcação feita no disco.

Com os dados de velocidade obtidos sugeriu-se ao aluno a construção de um gráfico de modo que a partir dele seria possível extrair o valor de aceleração angular da roda, que pode ser obtida da reta de tendência como a mostrada na figura 3.

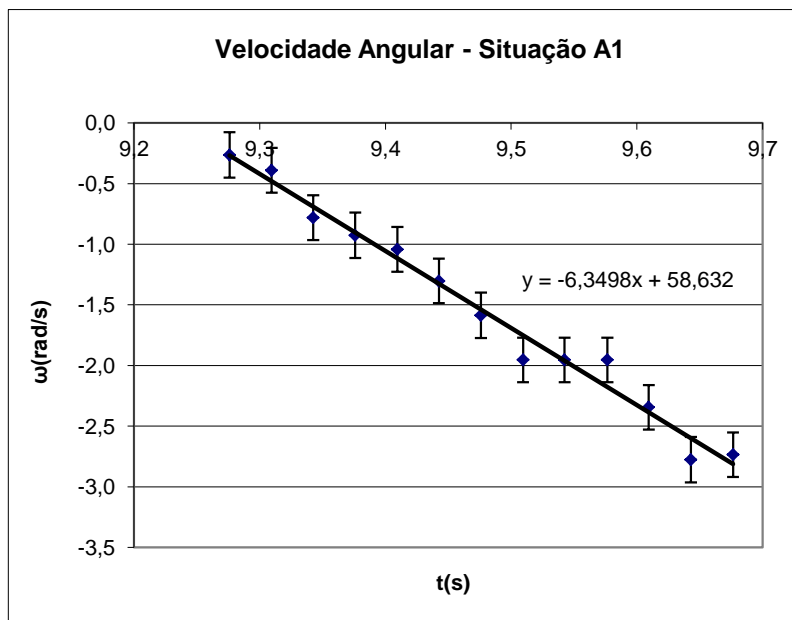


FIGURA 3: Gráfico construído para obtenção da aceleração angular.

Com o intuito de estudar as outras grandezas físicas envolvidas nesse movimento os alunos deveriam comparar o resultado experimental obtido até o momento com aquele previsto pela teoria. Assim, usando a

expressão que relaciona o torque, realizado pelo peso pendurado sobre a polia, com o seu momento de inércia, poderia ser obtido o valor teórico da aceleração da polia:

$$\alpha = \frac{\tau}{I} = \frac{mgd}{\frac{m_1 R_1^2}{2} + \frac{m_2 R_2^2}{2}} \quad (2)$$

Onde τ é o torque devido ao peso do objeto pendurado no fio, I é o momento de inércia total da roda de inércia, m é a massa do objeto pendurado, d é o tamanho do braço no qual está apoiado o objeto, m_1 e m_2 são as massas dos discos acoplados da roda de inércia e R_1 e R_2 seus respectivos raios.

Por se tratar de um laboratório virtual o valor dessas grandezas eram disponibilizadas por meio de fotos na página do experimento, (figura 4):



FIGURA 4: Dados necessários para obtenção de grandezas teóricas

Com esses dados e realizando os cálculos necessários numa planilha computacional os alunos puderam comparar os resultados teóricos e experimentais fazendo uso da relação

$$R = \frac{\text{valor experimental}}{\text{valor teórico}} \quad (3)$$

Era esperado que os alunos compreendessem de que quanto mais próximo de 1 for o fator R mais seus dados experimentais estariam se aproximando da teoria. Um exemplo de dados obtido foi:

α_{exp} (rad/s²)	$\sigma_{\alpha_{\text{exp}}}$ (rad/s²)
-6,350	0,385
$\alpha_{\text{teórica}}$(rad/s²)	$\sigma_{\alpha_{\text{teórica}}}$(rad/s²)
6,068	0,012
R	σ_R
-1,046	-0,063

TABELA 1: Comparação das acelerações angulares teórica e experimental

O EXPERIMENTO TRADICIONAL RODA DE INÉRCIA

Paralelamente ao experimento virtual, parte dos alunos realizaram o experimento da roda de inércia de maneira tradicional, ou seja, fazendo uso dos aparatos do laboratório didático. O intuito dessa prática era desenvolver um método que permitisse comparar o uso do laboratório virtual com o tradicional.

No experimento tradicional, o aluno deveria inicialmente medir a massa que seria amarrada à polia e na sequência enrolar um fio na polia de modo a manter o peso suspenso. Com uma mão o aluno segurava a polia para que ela não entrasse em movimento e com a outra acionava um cronômetro, assim, o aluno soltava a polia e simultaneamente acionava o cronômetro que era parado no instante em que o peso tocava o chão. Dessa forma era obtido o tempo de queda do peso.

O aluno realizava esse processo de medição 5 vezes, lembrando de soltar o peso sempre da mesma altura. A ideia de repetir o experimento era para obter a média do tempo de queda, com uma incerteza dada por várias medidas independentes. O movimento de queda do peso pode ser aproximado a um MUV, dessa forma o valor de sua aceleração linear era calculado e posteriormente, fazendo uso da relação $a = \alpha R$ era possível obter o valor da aceleração angular da polia.

Diferente do experimento virtual, no experimento tradicional os alunos mediam diretamente valores como diâmetro, massa e braço de alavanca.

Com os parâmetros da situação definidos foram coletados alguns dados de tempo de queda para proceder na análise.

Sabendo-se que quem provoca o torque na polia é o peso da massa pendurada, e tendo acesso direto ao raio da polia foi possível obter o valor de sua *aceleração angular teórica*. Da mesma forma que no experimento virtual foi solicitado ao aluno que fizesse uma comparação entre esses dois valores: teórico e experimental.

Para facilitar a comparação foi sugerido também aos alunos que fizessem a razão R entre esses dois valores e argumentassem qual seria seu valor ideal.

Aceleração (rad/s ²)	Experimental	15,585±0,483
	Teórica	14,412±0,049
R	1,081	

TABELA 2: Acelerações angulares experimental e teórica obtidas no experimento tradicional

Outra questão levantada diz respeito à presença ou não do torque do atrito, elemento que poderia causar a diferença entre os valores experimentais e teóricos. Além das questões propostas é esperado que o aluno levante novas hipóteses para as possíveis discrepâncias entre os valores obtidos.

CONSIDERAÇÕES SOBRE O USO DO LABORATÓRIO VIRTUAL

O uso do laboratório virtual muitas vezes acaba dando margem para questões como o fim do laboratório tradicional, no entanto não é esse o seu intuito. Nas aulas de laboratório na graduação, o estudante tem a oportunidade de manusear os equipamentos, montar os aparelhos, desenvolver os métodos de análise, coletar dados e tirar conclusões. Em alguns casos esse processo torna-se um pouco longo e deixando algumas etapas mal resolvidas. No laboratório virtual a instrumentação não aparece, cedendo espaço para um estudo mais detalhado da lei física e do processo de análise.

Com a aplicação do laboratório virtual ao longo dos anos foi possível perceber a dificuldade que muitos alunos tem com o manuseio do computador, no entanto essas dificuldades buscam ser sanadas com os períodos de monitoria web.

Durante a realização de alguns experimentos virtuais, os alunos foram indagados a respeito da preferência do modo virtual ou tradicional. As respostas foram bastante diversificadas, como mostraram os seguintes exemplos de depoimentos:

"(...) fica evidente que o laboratório virtual seria uma boa opção, pois além de ser preciso, os resultados obtidos são mais próximos do esperado teoricamente (...) ele pode ser aplicado em salas de aula, pois aparentemente, os recursos disponíveis para aplicação do experimento são mais acessíveis (...) o custo é menor."

"Sem dúvida nenhuma usaria o laboratório que teve os melhores resultados na obtenção dos dados (...). Seria o Virtual."

"Acredito que ambos os laboratórios tem os seus pontos positivos e negativos, porém acredito que o laboratório tradicional instrua mais os alunos, pois podemos realizar as medições, e realizar as análises através de dados coletados por nós mesmos. Temos uma visão melhor da experiência realizando a mesma."

"Se a busca principal é passar a compreensão do fenômeno físico ao aluno (experimentador), sem dúvidas a melhor opção é o experimento virtual, no entanto, para a formação completa de um individuo capaz de resolver situações reais o experimento tradicional se presta mais apto"

Do estudo dos gráficos e conclusões apresentados nos relatórios dos estudantes, é possível verificar se a experiência fez sentido para o aluno; em particular, a qualidade do gráfico mostra a familiaridade com o experimento e a compreensão do assunto. Há alunos que entregam relatórios incompletos e com gráficos que não correspondem ao fenômeno observado, de onde se infere que eles ou não têm uma fundamentação conceitual com relação à teoria envolvida no experimento e por isso não conseguem fazer a correspondência entre a representação gráfica e a realidade ou se mostram descomprometidos com a realização dos experimentos.

Atualmente, a maioria dos estabelecimentos de ensino está conectada à Internet, bem como muitos dos lares, enquanto que os aparatos experimentais existem em poucas escolas. Com apenas essa conexão à rede, o laboratório virtual permite que o estudante possa realizar grande parte da atividade experimental, que corresponde à análise dos dados e a interpretação dos resultados, que auxilia à compreensão da teoria vista em sala de aula.

Durante todos estes anos, com a aplicação do laboratório virtual nas turmas de graduação, notou-se, em parte dos alunos, um bom nível de aproveitamento e rendimento acadêmico. A partir da vivência com alunos

e a instrução dos mesmos para a realização dessas atividades, foi possível perceber o envolvimento deles com os fenômenos que eram explorados. Essa nova proposta de laboratório vem então como uma alternativa de atividade a ser desenvolvida paralelamente às aulas teóricas, que é aberta ao público e livre para ser usada nos moldes propostos ou com adaptações do usuário.

Independente da preferência entre este Laboratório virtual e o real, a filmagem de um arranjo experimental e a posterior inserção de um código de tempo adequado, permite aprimorar o processo de análise de um fenômeno físico. A precisão das medições de tempo e posição é boa e, em certas situações obtêm-se melhores resultados em comparação com aqueles obtidos em um laboratório tradicional, de modo que se constitui em uma maneira alternativa para realizar as atividades práticas no laboratório.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LÉVY, P., O que é o virtual?, São Paulo, Editora 34, 1996.

FIOLHAIS, CARLOS; TRINDADE, JORGE. Física no Computador: O computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 25, n. 3, p 259-272, 2003.

FONSECA, M.; MAIDANA, N.; SEVERINO, E. Z. G.; BARROS, S. F., SENHORA, G. G. M.; VANIN, V. R.. O Laboratório Virtual: uma atividade baseada em experimentos para o ensino de mecânica. Revista Brasileira de Ensino de Física, 2013. Aceito para publicação na RBEF 2013.

BARROS, S. F., Experimento virtual de rolamento: um estudo das dificuldades apresentadas pelos alunos do curso de licenciatura do IFUSP. Monografia (Licenciatura em Física). Instituto de Física, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2011.

SEVERINO, E. Z. G., Recursos virtuais em aulas de laboratório de física. 2006. 155f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2006.

VIRTUALDUB Setup 1.0, Copyright (C) (1998). [Software]. Avery Lee, All Rights Reserved. Compiled with MS Visual C++6.0. Disponível em <<http://www.virtualdub.org/>>. Página consultada em 13 de maio de 2013

ADOBE PREMIERE PRO (1991-2005). (Versão 2.0). [Software]. Adobe Systems Incorporated in the United States and/or others countries. Protected by U.S.Patents.