



Utilizando animações em PDF para elaboração de material didático.

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2022.3785

João Victor Omar Baldissera - joajvob@ita.br

Instituto Tecnológico De Aeronáutica ITA Vila das Acacias São José dos Campos SP

Roberto Kawakami Harrop Galvão - kawakami@ita.br

Instituto Tecnológico de Aeronáutica

Jose Roberto Colombo Junior - colombojrcj@ita.br

Instituto Tecnológico de Aeronáutica

Resumo: Usando um exemplo fundamental em sistemas e controle, mostra-se uma maneira de utilizar animações em PDF para criar material de estudo. Esta ferramenta pode ser usada para facilitar a compreensão de imagens no decorrer do texto e também possibilita a interação entre o estudante e o material de leitura.

Palavras-chave: Animação, PDF, material didático.



UTILIZANDO ANIMAÇÕES EM PDF PARA ELABORAÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO

1 INTRODUÇÃO

O Projeto *Camelot*, publicado em 1991 por John Warnock tinha o objetivo de solucionar os problemas de impressão e visualização dos documentos digitais:

Our vision for Camelot is to provide a collection of utilities, applications, and system software so that a corporation can effectively capture documents from any application, send electronic versions of these documents anywhere, and view and print these documents on any machine. (WARNOCK, 1991, pg. 2)

Em 1993, este projeto tornou-se o PDF (*Portable document format*), permitindo que textos redigidos em softwares diferentes - e muitas vezes incompatíveis, pudessem ser compartilhados. Mais ainda, por preservar a legibilidade e a leitura dos manuscritos, o PDF destacou-se na divulgação de conteúdos científicos e, até hoje, é um dos principais meios de submissão e divulgação de artigos, livros e materiais didáticos. Contudo, por ter sido tratado como um arquivo apenas para leitura tradicional e impressão, os recursos particulares da visualização de documentos através desta tecnologia, como por exemplo áudios e vídeos, podem ter caído em desuso (WILINSKY, 2012).

Por outro lado, as restrições sanitárias provocadas pela pandemia Covid-19 exigiram uma adaptação das instituições de ensino superior para um novo modelo de educação, como é exemplificado por Luviale (2019), Zhu (2020) e Almarzooq, (2020). Essas adaptações exigiram o distanciamento social e por isso, estruturam-se na utilização dos recursos digitais como ferramenta para o ensino (EDMONDS, 2021), (WILLIAMSON, 2020). Neste cenário, um desafio das disciplinas na área de sistemas e controle foi simular a dinâmica dos sistemas e fornecer aos estudantes uma representação físico-esquemática suficientemente elucidativa para as equações diferenciais e para a utilização dos controladores automáticos.

Em síntese, o foco deste trabalho é mostrar uma maneira de utilizar animações em PDF para ilustrar representações físico-esquemáticas de sistemas de controle. Isto pode facilitar a compreensão dos textos, aproveitando as características de legibilidade e leitura que já são tradicionais na divulgação de material didático.

As próximas seções estão estruturadas da seguinte forma: na seção 2 mostra-se como o pacote *animate*© para *LaTeX* pode ser utilizado para a produção de uma animação em PDF. Na seção 3, mostra-se uma animação em PDF para ilustrar a simulação de um sistema de controle massa-mola-amortecedor utilizando o LQR (Regulador Linear Quadrático) (OGATA, 2010). Por fim, na seção 4, são feitas as conclusões e considerações finais deste trabalho.

Vale destacar que os autores **não** são os desenvolvedores da tecnologia de animações em PDF e do pacote *animate*© para *LaTeX*.

2 ANIMAÇÕES EM PDF E PACOTE ANIMATE© PARA L^AT_EX

O pacote `animate`¹ para *LaTeX* foi desenvolvido por Alexander Grahn. Segundo Grahn (2002), trata-se de uma interface para a inserção de imagens em sobreposição em um arquivo tipo PDF ou SVG. Estas imagens podem ser geradas previamente (*frame a frame*) utilizando um outro programa para salvá-las em um formato tipo imagem², ou através de um código de programação como o TikZ (TANTAU, 2022). A vantagem desta tecnologia é a possibilidade de animar gráficos em formato vetorial e o resultado é semelhante a um vídeo do Flash Player®. O Algoritmo 1 exemplifica a produção de animações em PDF utilizando sobreposição de arquivos de imagem.

Algoritmo 1 - Código em LaTeX para animações em PDF.

```
I01: \documentclass{article}

I02: \usepackage[a4paper,left=2cm,right=2cm,top=2cm,bottom=3cm]{geometry}
I03: \usepackage[utf8]{inputenc}
I04: \usepackage[portuguese]{babel}
I05: \usepackage{graphicx}
I06: \usepackage{animate}
I07: \usepackage{float}

%-----
% Neste exemplo, há 203 figuras, localizadas na pasta "Exemplo" e com nome de
% "simulacao". A primeira está nomeada como "simulacao0" e a última como
% "simulacao202".
%-----

I08: \newcommand{\iTotal}{203}
I09: \newcommand{\sEndereco}{Exemplo/simulacao}
I10: \newcommand{\iInicial}{0}
I11: \newcommand{\iFinal}{202}

I12: \begin{document}

I13: \begin{figure}[H]
I14: \centering
I15: \animategraphics[controls,width=\textwidth]{\iTotal}{\sEndereco}{\iInicial}{\iFinal}
I16: \caption{Representação animada}
I17: \end{figure}

I18: \end{document}
```

O código fundamenta-se na inserção do pacote `animate` na linha *I06*, na função `\animategraphics` na linha *I15* e em quatro variáveis: a variável *integer* `\iTotal` (*I08*), na qual se especifica a quantidade de imagens que serão sobrepostas; A variável *string* `\sEndereco` (*I09*), na qual se especifica o caminho em que as imagens estão armazenadas; A variável *integer* `\iInicial` (*I10*), na qual se especifica o número inicial da contagem de imagens sobrepostas e a variável *integer* `\iFinal` (*I11*), na qual se especifica o número final da

¹ Disponível em <https://ctan.org/pkg/animate?lang=en>.

² pdf, mps, png, jpg, jpeg, jp2, j2k, jpx, mps, eps, ps, bmp e svg



contagem de imagens sobrepostas. Após a compilação e a geração do PDF, o leitor pode interagir com o documento através dos controles apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Comandos para transição de imagens da animação em PDF

	Recuo total para o início
	Recuo manual
	Recuo automático
	Avanço automático
	Avanço manual
	Avanço total para o final
	Aumenta a velocidade de transição do modo automático
	Velocidade padrão de transição do modo automático
	Diminui a velocidade de transição do modo automático

Fonte: Os próprios autores.

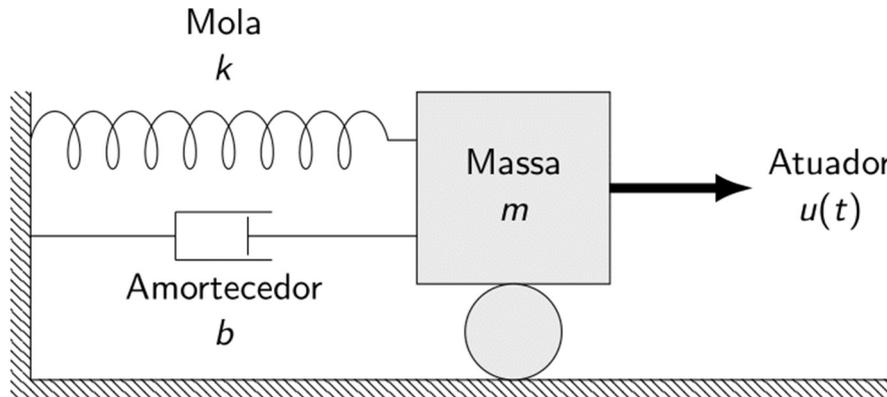
Vale destacar que o pacote *animate*© para *LaTeX* pode ser utilizado na nuvem *Overleaf*©. Na próxima seção apresenta-se um exemplo de animação em PDF envolvendo o controle de um sistema massa-mola-amortecedor.

3 EXEMPLO

No contexto de ensino de sistemas e controle, o sistema massa-mola-amortecedor é um exemplo introdutório muito utilizado para o estudo de vibrações em sistemas mecânicos. De maneira geral, essas vibrações reduzem a vida útil, desperdiçam energia e podem ser perigosas para a operação e uso desses sistemas (por exemplo: um avião ou um carro se movimentando com excessivas vibrações) (TAKÁCS, 2012). Para o controle dessas vibrações, um engenheiro pode adotar soluções passivas, utilizando materiais com propriedades elásticas capazes de suavizar o efeito dessas vibrações, ou soluções ativas, utilizando sensores e controladores automáticos, capazes de monitorar tais vibrações e reagir através de atuadores mecânicos. Neste exemplo, simula-se o emprego de um controlador automático LQR, para o sistema massa-mola-amortecedor, representado no diagrama esquemático da Figura 1.



Figura 1 – Diagrama esquemático do sistema massa mola amortecedor



Fonte: Os próprios autores.

Vale destacar que a massa, a mola e o amortecedor são representações das propriedades físicas do sistema, ou seja, em sistemas reais, geralmente não há um bloco, uma mola e um amortecedor de fato, mas um corpo rígido de massa m , sob um efeito elástico com propriedade semelhante à da mola k , um efeito dissipativo, com propriedade semelhante à do amortecedor b e um atuador mecânico para produzir uma força $u(t)$ variável no tempo. Utilizando técnicas de modelagem matemática para este sistema (TILBURY, 2022) e considerando, para fins ilustrativos, $m = 1$ kg, $k = 9$ kg/s² e $b = 2$ kg/s, obteve-se o modelo

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -9 & -2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t), \quad (1)$$

em que $u(t)$ representa a ação de controle sobre o sistema em newtons e, $x_1(t)$ e $x_2(t)$ representam, respectivamente, a posição em metros e a velocidade em metros por segundo da massa m . Em seguida, considerou-se que as variáveis $x_1(t)$ e $x_2(t)$ pudessem ser medidas por sensores e projetou-se um controlador LQR (OGATA, 2010) para este sistema com os pesos

$$Q = \begin{bmatrix} 100 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ e } R = 1. \quad (2)$$

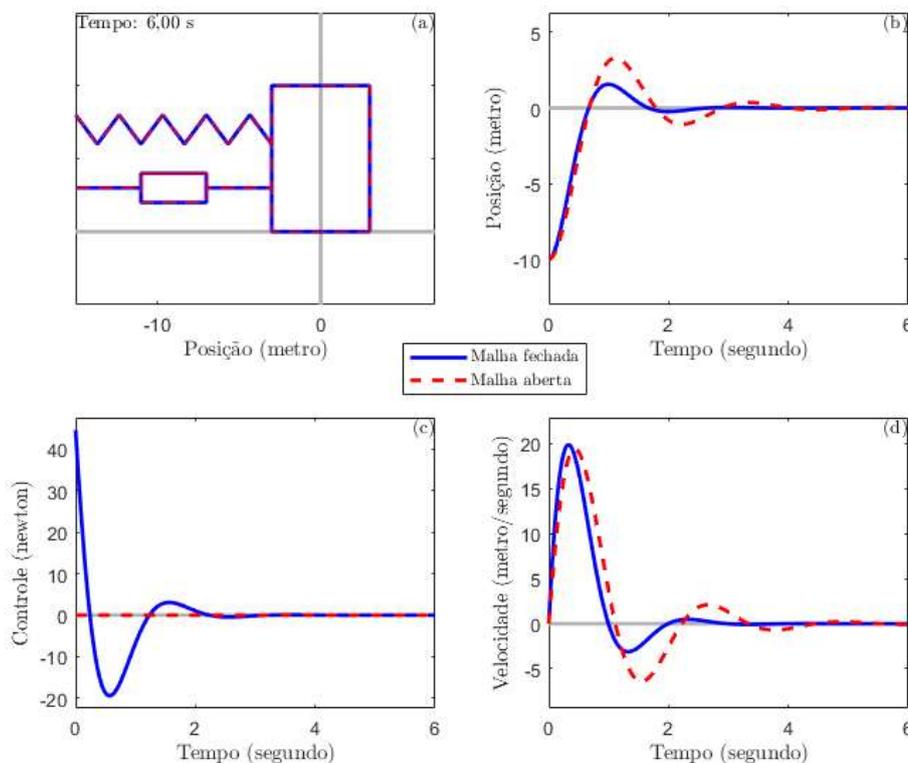
Como resultado, obteve-se o ganho de regulação

$$K = [4,4536 \quad 1,7292]. \quad (3)$$

Para ilustrar a ação do controlador, simularam-se as respostas da dinâmica de malha aberta (sem a ação do controlador) e de malha fechada (com a ação do controlador) deste sistema, conforme representado pela Figura 2.



Figura 2 – Comparação da dinâmica de malha aberta e malha fechada de um sistema massa-mola-amortecedor utilizando o controlador LQR



Fonte: Os próprios autores.

Por meio dos gráficos de posição (b) e velocidade (c) é possível observar que a dinâmica do sistema em malha aberta apresenta vibrações mais proeminentes do que a dinâmica do sistema em malha fechada. Contudo, pode-se ainda utilizar a sobreposição de (a) no tempo para observarmos uma representação animada do diagrama esquemático. Para isso, foram geradas 203 figuras, numeradas sequencialmente como (*simulacao0.pdf*), (*simulacao1.png*), ..., (*simulacao201.png*) e (*simulacao202.pdf*) e utilizou-se o pacote *animate*© para *LaTeX* para realizar a sobreposição dessas imagens. O resultado da animação em PDF e do código *MATLAB*® utilizados para a produção deste exemplo estão disponíveis em:



<https://github.com/JoaoBaldissera/animacoesPDFMaterialDidatico>



3.1 Destaques e comentários

Sobre o software de visualização: A visualização das animações em PDF está disponível somente em alguns visualizadores de arquivos PDF como por exemplo a versão para *desktop* do Adobe Acrobat Reader® para Windows® e para Linux®, KDE Okular®, PDF-XChange® e Foxit Reader® (GRAHN, 2022). Por este motivo e, com a cautela de que todos que leem este artigo pudessem visualizar o resultado deste trabalho, gravamos um vídeo no qual exibe-se a Figura 2 em uma animação em PDF. O vídeo está disponível em:



<https://youtu.be/ZnmCvc-4QfA>

Sobre o envio de PDFs animados por e-mail: Alguns servidores de e-mail podem tratar as animações como *malware* e por vezes, enviam o e-mail que contém o PDF para a caixa de lixo eletrônico.

Sobre o tamanho dos arquivos: Vale ressaltar que a utilização de animações em PDF pode tornar o arquivo demasiadamente grande. Para atenuar este problema, sugere-se utilizar somente a primeira e a última imagem da sobreposição de imagens em um formato de maior qualidade (por exemplo .pdf) e as demais, em um formato de menor qualidade (por exemplo .png).

Sobre a utilização das animações em PDF: Inclinando-se para divulgação de materiais didáticos através de telas ao invés impressões em papel, sugere-se utilizar as animações em PDF em listas de exercícios, provas etc. Cabe a recomendação de que a imagem inicial – aquela que será mantida na impressão, da sobreposição de imagens, preserve todas as informações necessárias para a completa compreensão do texto. Desta forma, a oportunidade de utilizar um recurso semelhante a um vídeo na visualização do material pode contribuir para uma melhor compreensão do conteúdo exposto no texto e, ao mesmo tempo, preservar as características de legibilidade e de leitura do PDF.

Vale destacar que já utilizamos estas animações em PDF para produzir o material suplementar (listas de exercícios) para a disciplina EES20 - Sistemas e Controle II do segundo semestre de 2021 no ITA (Instituto Tecnológico de Aeronáutica), possibilitando que os estudantes correlacionassem os projetos de controladores dos exercícios com os

sistemas dinâmicos considerados no enunciado. De modo indireto, também utilizamos este recurso para a produção deste artigo.

4 CONCLUSÃO

Com a possibilidade de acesso a materiais didáticos através da visualização em telas, evidencia-se neste artigo a possibilidade de utilizar animações em PDF para facilitar a compreensão dos textos e, continuar aproveitando as características de legibilidade e leitura do formato PDF.

AGRADECIMENTOS

Este artigo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Brasil) - Bolsa de produtividade em pesquisa 303393/2018-1.

REFERÊNCIAS

ALMARZOOQ, Z. I.; LOPES, M.; KOCHAR A. Virtual learning during the COVID-19 pandemic: a disruptive technology in graduate medical education. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 75, n. 20, pg. 2635-2638, 2020.

EDMONDS, Erin. **Teaching during a Pandemic: Changing Technology in High School Education**, 2021. Tese(Mestrado) - Master of Arts in Teaching and Learning. Hollins University, Hollins, 2021. Disponível em: <https://digitalcommons.hollins.edu/matltheses/4/>. Acesso em 8 abr. 2022

GRAHN, A. **The animate Package**. Disponível em: <https://linorg.usp.br/CTAN/macros/latex/contrib/animate/animate.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2022

LUVINALE, K. Facing distance learning in Math, during Coronavirus outbreak in Italy. How technology and flexibility can help teachers and students, **Dialogo – Journal of the dialogue between science and theology** v.6, n. 2, pg. 135-145, 2019

OGATA, K. **Modern control engineering**, 5 ed., Upper Saddle River, NJ :Prentice Hall, 2010

TAKÁCS, G.; BORIS, R. **Model predictive vibration control: efficient constrained MPC vibration control for lightly damped mechanical structures**. ed. Springer- Verlag London Limited, 2012.

TANTAU, T.; MENKE, H. **pgf - Create PostScript and PDF graphics in TeX**. Disponível em: <https://ctan.org/pkg/pgf?lang=en>. Acesso em: 5 abr. 2022

TILBURY, D; MESSNER, B.; HILL, R.; TAYLOR J.D. **Control Tutorial for MATLAB® & SIMULINK®, Introduction: System Modeling**. Disponível em: <https://ctms.engin.umich.edu/CTMS/index.php?example=Introduction§ion=SystemModeling>. Acesso em: 1 abr. 2022.



WARNOCK, J. **The Camelot Project**, 1991.

WILINSKY, J.; GARNETT A.; WONG, A.P. Refurbishing the Camelot of scholarship: How to improve the digital contribution of the PDF research article. **JEP – The journal of Electronic Publishing** v. 15, n. 1, 2012.

WILLIAMSON, B.; EYNON R.; POTTER J. Pandemic politics, pedagogies and practices: digital technologies and distance education during the coronavirus emergency. **Learning, Media and Technology** v. 45, n. 2, pg. 107-114, 2020.

ZHU, T. Empirical research on the application of online teaching in Chinese colleges and universities under the situation of novel coronavirus pneumonia prevention and control. **iJTE - International Journal of Emerging Technologies in Learning** v. 15, n. 11, pg. 119-136, 2020.

USING PDF ANIMATIONS TO CREATE TEACHING MATERIALS

Abstract: *Using a fundamental example in systems and control, we discuss the utility of the animation in PDF to create study resources. This tool can be used to supplement static images and facilitate understanding. It also enables interaction between the student and the reading material.*

Keywords: *Animation, PDF, teaching material.*

