



Desenvolvimento de Ação Complementar para Apresentação de Conceito e Aplicação das Statecharts para Sistema Embarcados

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5258

Autores: HENRIQUE ASSUNÇÃO LARA, GUSTAVO LOBATO CAMPOS

Resumo: Com o avanço tecnológico, a complexidade dos sistemas embarcados exige especificações mais detalhadas. Problemas relacionados à falta de alinhamento de áreas como engenharia elétrica e ciência da computação evidenciam a necessidade de uma ferramenta para maior detalhamento e facilidade na modelagem de sistemas reativos. As statecharts surgem como uma ferramenta de formalização visual que permite modelar sistemas reativos, facilitando a comunicação e evitando a ambiguidade. Como forma de fomentar o conhecimento em relação às statecharts, foram desenvolvidos roteiros de aprendizagem baseados em metodologia ativa e resolução de problemas, com objetivo de facilitar o entendimento da ferramenta, apresentando seus conceitos e aplicando modelagens que demonstram casos que serão encontrados no cotidiano e na indústria. Os roteiros serão aplicados em um minicurso, é previsto que ele seja ofertado na Jornada de Educação, Ciência e Tecnologia (JECT) de 2024, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) Campus Formiga. A aplicação será realizada no software Simulink/MATLAB da MathWorks, que permite simulações interativas e precisas, apresentando um ambiente de fácil entendimento. Este trabalho, além de buscar uma comunicação interdisciplinar entre alunos de áreas distintas, também busca suprir a escassez de trabalhos relacionados a statecharts, principalmente em português, podendo complementar a formação de estudantes e profissionais.

Palavras-chave: Statecharts. Sistemas Embarcados. Sistemas reativos. Simulink. Metodologia ativa.

DESENVOLVIMENTO DE AÇÃO COMPLEMENTAR PARA APRESENTAÇÃO DE CONCEITO E APLICAÇÃO DAS STATECHARTS PARA SISTEMAS EMBARCADOS

1 INTRODUÇÃO

Com o contínuo avanço da tecnologia nos setores da engenharia, a complexidade de hardwares e softwares, bem como sistemas embarcados, está em constante crescimento (BEQUE, 2009), resultando na necessidade de maior detalhamento nas especificações que dão origem a estes sistemas. Segundo (ALMEIDA JUNIOR, 1995), as especificações são fundamentais no desenvolvimento de softwares, pois a partir delas, são estabelecidas todas as características necessárias do software a ser criado, constituindo a base do processo de criação e desenvolvimento de um programa.

À medida que os sistemas se tornam mais complexos, seu desenvolvimento, que é baseado em especificações, também evolui em complexidade. Isso se reflete na necessidade de uma compreensão mais profunda no momento de especificar as características de um sistema. Paralelo a isso, a interação de áreas distintas, como engenharia e ciência da computação, gera certos desafios na interpretação e no entendimento das especificações. Dessa forma, erros provenientes da falta de alinhamento entre as áreas tendem a surgir, não em decorrência da falta de conhecimento sobre respectivos assuntos, mas sim pela particularidade da formação acadêmica de cada uma, que tende a influenciar como cada profissional especifica um dado sistema. Ambiguidades e falhas na implementação das especificações são exemplos dessa falta de sincronismo, evidenciando a importância de facilitar a comunicação e a colaboração destes profissionais.

Nesse contexto, as statecharts surgem como uma ótima ferramenta para complementar as especificações, ao disponibilizar uma representação visual clara do comportamento dos sistemas, facilitando a comunicação e o entendimento entre os profissionais. Com elas, é possível modelar um dado sistema de forma intuitiva, identificando os estados, transições e ações de maneira precisa, ajudando a evitar interpretações equivocadas das especificações, como dito, cada vez mais elaboradas.

Assim, para capacitar os alunos dos cursos de engenharia elétrica e ciência da computação, propõe-se uma estratégia de desenvolvimento das statecharts por meio de atividades complementares. A estratégia visa proporcionar aos alunos uma compreensão sobre a ferramenta, trazendo desafios enfrentados nas respectivas áreas, os preparando para as demandas da indústria e incentivando a explorar novas tendências e tecnologias. Reforça-se a estratégia de empregar problemas reais, simplificados para tal ação, buscando, desta forma, maior proximidade com os desafios presentes no mercado.

Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo apresentar a construção e desenvolvimento dos roteiros didáticos, fundamentados em aprendizagem ativa, que possam ser aplicados em um minicurso ainda a ser ofertado no decorrer do ano de 2024, durante a Jornada Nacional de Ciência e Tecnologia do IFMG Campus Formiga.

2 JUSTIFICATIVA

Sistemas embarcados, ou seja, sistemas combinados de hardware e software que exercem tarefas específicas (BEQUE, 2009), apresentam grande crescimento na indústria e no cotidiano (CARRO e WAGNER, 2003), tal fato realça a importância de adotar ferramentas que tratem com a complexidade inerente aos sistemas reativos, sistemas estes, que se caracterizam por reagirem a estímulos externos ou internos, e dentro de um intervalo de tempo pré definido, apresentam resultados corretos (SOUZA, 2000).

Nesse contexto, as statecharts emergem como formalismos visuais acessíveis, facilitando tanto o entendimento quanto à implementação. Além disso, ferramentas como esta, que oferecem uma linguagem comum, se tornam ainda mais atrativas para estudantes e profissionais em formação, promovendo uma compreensão intuitiva, além de um processo de aprendizado eficiente.

Embora a matriz curricular dos cursos de engenharia e ciência da computação sigam padrões estabelecidos pelo MEC (MEC, 2024) e SETEC (GOV, 2024), a oferta de atividades complementares é de extrema importância na jornada acadêmica dos estudantes, visto que é uma oportunidade de enriquecer o processo de aprendizagem e de despertar a curiosidade dos alunos, em relação a novas tendências e tecnologias que o mercado tem a oferecer, que muitas vezes não pode ser coberto pelas tradicionais “caixas” das disciplinas obrigatórias de um curso superior.

Dessa forma, como atividade complementar, podem-se propor atividades como minicursos, onde por meio deles, é possível aplicar uma metodologia baseada em problemas. Está oferecida aos estudantes situações práticas que podem se desenvolver com o aumento da complexidade de um problema a ser resolvido, assim, os discentes podem conectar conhecimentos de diversas áreas, integrar processos e aplicar conceitos já consolidados (TEIXEIRA, SILVA, e DE ARAÚJO BRITO, 2019), desenvolvendo o pensamento crítico, o raciocínio lógico e a resolução de problemas.

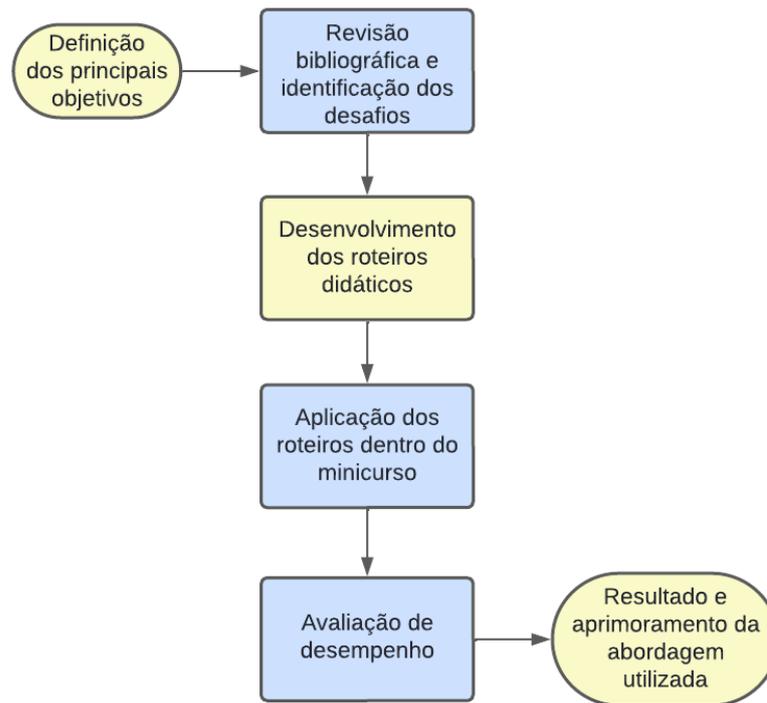
Portanto, para se viabilizar a oferta de um minicurso entende-se como fundamental o desenvolvimento de roteiros didáticos, para, no caso, a aplicação prática das statecharts, baseando-se em sistemas reativos. Esses roteiros irão guiar os alunos a como utilizar as statecharts para modelar e analisar sistemas embarcados. Aplicando uma metodologia baseada em problemas, onde os alunos serão desafiados a resolver problemas que simulam situações reais encontradas na indústria e no nosso cotidiano, e propor soluções com uso das statecharts.

Para a implementação prática das statecharts, será utilizado o software *simulink/MATLAB* da *MathWorks*. O software oferece uma gama de dashboards e pacotes de expansão, mesmo em sua versão estudante, que ampliam os recursos de modelagem, simulação e análise dos sistemas reativos (MATHWORKS, 2024).

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento do projeto, base para este trabalho, foi estruturado em etapas, conforme apresentado pela Figura 1, observa-se que as etapas foram estruturadas para se viabilizar a oferta do minicurso de statecharts. Contudo, o foco do presente artigo envolve a construção e desenvolvimento dos roteiros didáticos sobre as statecharts.

Figura 1: Fluxograma das etapas de desenvolvimento e aplicação do minicurso.



Fonte: Autores, 2024.

3.1 Definição dos principais objetivos

Ao considerar o foco do presente trabalho, na elaboração dos roteiros a serem apresentados em futuro minicurso, destaca-se que os mesmos guiarão a atividade. Logo deve-se buscar metas a serem alcançadas ao longo do minicurso, para que então os roteiros didáticos sejam estruturados de forma a transmitir conhecimento, assim como desafiar os estudantes.

3.2 Revisão bibliográfica e identificação dos desafios

Ao realizar uma revisão bibliográfica sobre, statecharts, sistemas reativos e sistemas embarcados, destaca-se a relevância destes assuntos em cursos como a engenharia elétrica e ciência da computação. Assim, entende-se como fundamental, apresentar aos alunos, via roteiros didáticos, alguns dos desafios encontrados na comunicação e no entendimento dos profissionais dessas áreas, e mostrar como tais desafios podem impactar o desenvolvimento e implementação de sistemas reativos.

3.3 Desenvolvimento dos roteiros didáticos

Elaboração dos roteiros didáticos, fundamentados na revisão bibliográfica e na definição de desafios a serem trabalhados. Definiu-se que os roteiros serão desenvolvidos considerando uma complexidade progressiva, iniciando com conceitos básicos e desafios simples, sendo apresentados gradualmente conceitos mais complexos com sistemas mais desafiadores. Essa abordagem permite que os alunos desenvolvam suas habilidades de forma organizada, modelando sistemas reativos cada vez mais complexos, e quem sabe possam prosseguir seu estudo de forma independente, similar ao que irão enfrentar no mercado de trabalho.

3.4 Aplicação das atividades

Na aplicação dos roteiros, espera-se que os alunos sejam acompanhados e orientados constantemente, recebendo orientação sobre o sistema a ser desenvolvido, garantindo uma compreensão adequada dos conceitos e técnicas presentes no mesmo. Mesmo os roteiros tendo por foco a aprendizagem ativa, entende-se que para oferta do primeiro minicurso tal ação será fundamental, inclusive para mensurar a compreensão dos discentes sobre o material desenvolvido.

3.5 Avaliação de desempenho

É previsto a realização de uma avaliação de desempenho dos alunos, que conterá sistemas reativos de dificuldade variada, trazendo apenas as condições de trabalho do sistema, de tal forma a desenvolver o raciocínio lógico e o pensamento crítico em relação à modelagem das statecharts.

3.6 Resultados e aprimoramento da abordagem utilizada

Ao término do minicurso, está prevista a realização de uma análise dos resultados obtidos e das principais dúvidas dos alunos ao longo do minicurso, com o intuito de identificar os pontos positivos e negativos na sua aplicação. Essa análise tem como objetivo contribuir para o aprimoramento da abordagem utilizada e quais seus pontos de melhoria. Por exemplo, espera-se avaliar se os roteiros necessitam de revisões, assim como se os alunos conseguirão desenvolver os mesmos sem qualquer tipo de suporte.

4 RESULTADOS

Como proposto, foram realizados dois roteiros didáticos com o objetivo de trazer aos alunos uma compreensão prática sobre as statecharts e sua aplicação em sistemas reativos. Os roteiros foram desenvolvidos com base em metodologia ativa e aprendizagem baseada em problemas, visando promover a participação ativa dos alunos, o desenvolvimento de habilidades práticas e a integração de conhecimentos. Os roteiros desenvolvidos tem alinhamento com a área automotiva devido a experiência dos autores com a mesma. Reforça-se que os roteiros abordam aspectos diferentes no âmbito das statecharts, trazendo de forma progressiva, atividades sequenciais que permitem que os alunos avancem gradualmente no seu entendimento e domínio com a ferramenta.

4.1 Roteiro 1 - Nivelamento de faróis

Descrição

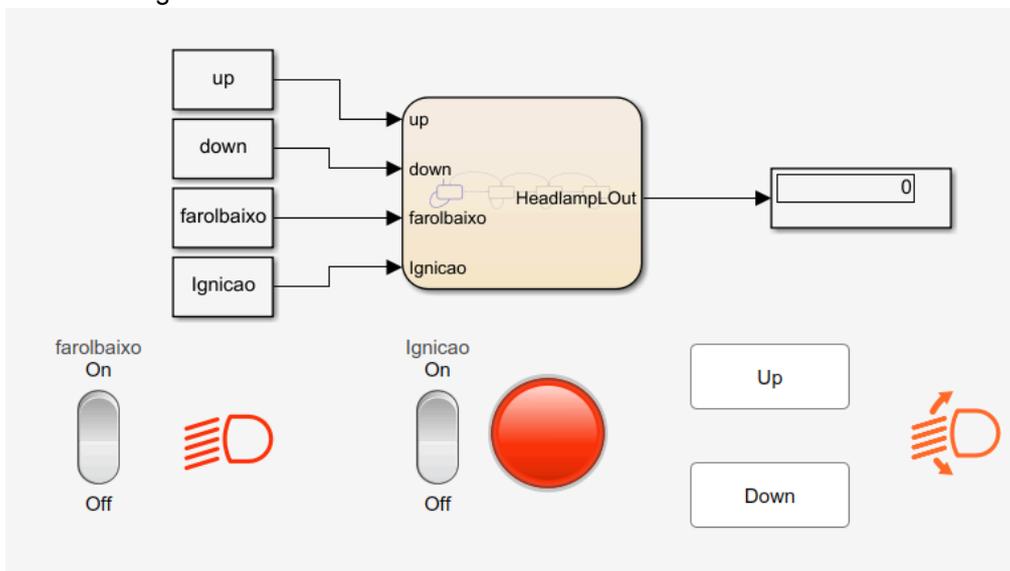
Desenvolvimento de uma função veicular que controla o nivelamento dos faróis de um veículo. O sistema de nivelamento é composto por quatro estados possíveis, sendo eles: nível 0, 1, 2 e 3. Só é possível realizar transições entre os estados caso o farol baixo esteja acionado e a ignição do veículo esteja ligada. O nivelamento permanece no último estado configurado mesmo que a ignição seja desligada ou o farol baixo seja apagado. A transição de estados não suscetíveis não é permitida, ou seja, caso deseje transitar do estado 0 ao 3, é necessário que passe pelos estados 1 e 2.

Procedimento experimental

A partir deste roteiro de aprendizagem, os alunos terão contato com os primeiros elementos de simulação, bem como: *dashboards*, *constants* e *displays*. A Figura 2 mostra o ambiente de simulação do sistema no simulink. É possível observar as entradas e a

saída do sistema, os *dashboards* de controle e os leds que representam o funcionamento do sistema.

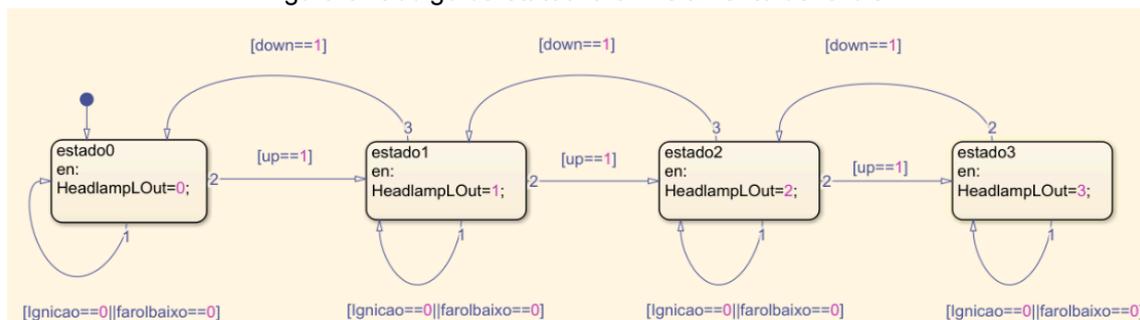
Figura 2: Ambiente de controle do roteiro Nivelamento de faróis.



Fonte: Autores, 2024.

O roteiro de aprendizagem nivelamento de faróis possui 4 estados, no entanto, é um sistema reativo simples que pode introduzir facilmente conceitos fundamentais que serão usados ao longo de todo o minicurso. Com esse roteiro, os alunos terão o primeiro contato com o código statechart, entendendo conceitos de estados, transições e intertravamentos. Compreendendo como esses conceitos são modelados em uma statecharts, os alunos também poderão entender como funcionam os dashboards mais simples da ferramenta, e como eles interagem diretamente com o código da statechart, que pode ser visto na Figura 3.

Figura 3: Código da statechart nivelamento de faróis.



Fonte: Autor, 2024.

4.2 Roteiro 2 - Blocca Porta e Plafoniera

Descrição

O roteiro de aprendizagem Blocca Porta e Plafoniera é uma função veicular que realiza o travamento e destravamento das portas, e controla a luz de cortesia interna ao veículo de forma automática. Esse sistema reativo depende de mais entradas e sua lógica resulta em mais saídas na statecharts em relação ao roteiro de aprendizagem anterior.

Para o sistema Blocca Porta, em seu modo automático, caso as portas estejam fechadas e a velocidade do veículo seja maior ou igual a 25 km/h, as portas são

trancadas, para o modo manual, existe a presença de um botão que trava as portas, e para o destravamento, é preciso apenas abrir a porta internamente.

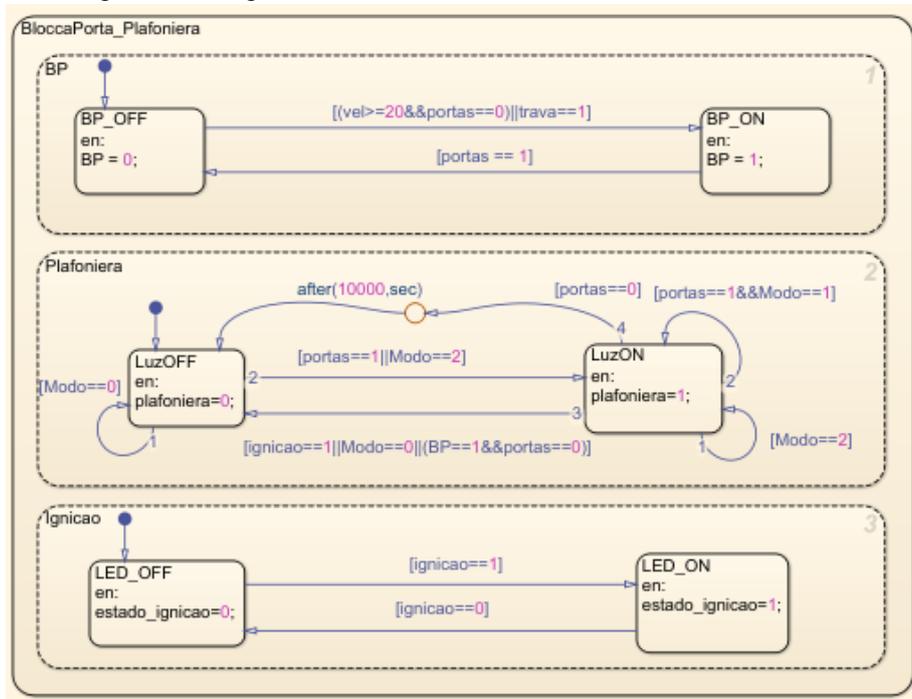
Para o sistema da Plafoniera, em seu modo automático, caso a porta esteja aberta, a luz de cortesia deve sempre permanecer acesa, quando a porta é fechada, o sistema aciona um timer de 10 segundos para então desligar a luz de cortesia. Entretanto, caso a ignição ou o sistema Blocca Porta seja acionado em meio a contagem do timer, o mesmo é encerrado e a luz de cortesia apaga imediatamente. Em seu modo manual, a luz de cortesia funciona como uma luz comum acionada por interruptor, tendo um botão na posição ligada e na posição desligada.

Procedimento Experimental

Neste roteiro de aprendizagem, será possível introduzir o conceito de ortogonalidade, que consiste em uma representação dentro de um superestado, na qual é possível que dois ou mais estados trabalhem em paralelo, ou seja, de forma independente.

Também poderá ser introduzida a função “*after()*”, que consiste em um temporizador, ela consegue travar uma transição até que um tempo pré determinado termine. A função “*after()*” e o conceito de ortogonalidade podem ser vistos na Figura 4, que demonstra o código statechart da função veicular Blocca Porta e Plafoniera. Além disso, também é possível observar os conceitos que foram introduzidos no roteiro de aprendizagem anterior, fazendo com que os alunos os apliquem em diferentes cenários, reforçando o entendimento e a assimilação do conteúdo.

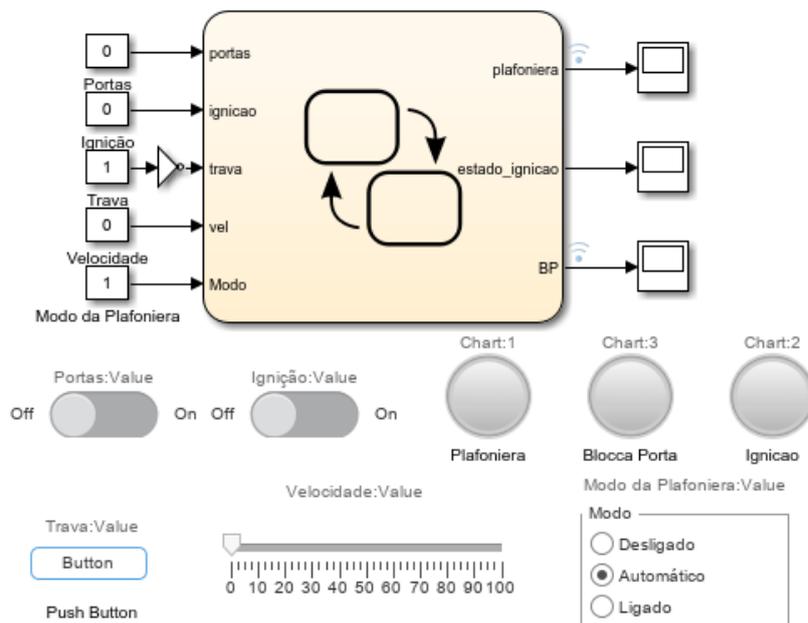
Figura 4: Código Statechart do sistema Blocca Porta e Plafoniera.



Fonte: Autores, 2024.

No ambiente de controle foram introduzidos novos *dashboards*, bem como *push buttons*, botões *slider*, *radio button* e portas lógicas, como a porta *NOT*. Todos podem ser visualizados na Figura 5, demonstrando sua integração com o sistema.

Figura 5: Ambiente de controle da Blocca Porta e Plafoniera..



Fonte: Autores, 2024.

4.3 Propósito dos roteiros

Os roteiros de aprendizagem demonstram como os conceitos podem ser aplicados em um sistema real, mostrando a aplicação prática e a relevância das statecharts no controle de sistemas reativos.

Embora os roteiros possam apresentar desafios devido a sua complexidade, espera-se que os alunos consigam desenvolver os mesmos de forma independente. Contudo, reforça-se que para o primeiro minicurso será fornecido suporte contínuo, pelos autores deste trabalho, desde o início até o fim do minicurso, visto ser a validação dos roteiros desenvolvidos.

Além disso, também serão aplicados roteiros de aprendizagem básicos, que servirão como um primeiro contato dos alunos com as statecharts e o simulink. Essa abordagem irá garantir que todos os alunos desenvolvam uma base sólida e adquiram confiança no uso da ferramenta, aplicando os conceitos de maneira eficaz no uso dos roteiros e em futuras modelagens que realizem. Destaca-se que tais roteiros não foram o foco do presente trabalho, embora sejam apresentados no minicurso a ser ofertado.

5 CONCLUSÃO

Dado o exposto, a utilização de statecharts se mostra com enorme relevância para modelagem de sistemas reativos, demonstrando que pode ser empregada como complemento no processo de especificação de sistemas embarcados, evitando ambiguidades e falta de sincronismo de profissionais de áreas distintas, como engenharia elétrica e ciência da computação.

Válido destacar que, sendo as statecharts diagramas de transição de estados de linguagem visual comum e de fácil entendimento, sua implementação dentro do âmbito industrial ou acadêmico não trás consigo grandes barreiras, visto que não apresenta sintaxe complexa e extensa.

Em virtude disso, se espera que o minicurso baseado nos roteiros didáticos seja aplicado na Jornada de Educação, Ciência e Tecnologia (JECT) de 2024, do Instituto

Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) Campus Formiga que está inserida na Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (SNCT), e que tem como objetivo promover eventos que aproximem a ciência e a tecnologia da população. Com a aplicação do minicurso, será possível ter uma métrica para avaliação dos roteiros, permitindo estudar possíveis revisões dos mesmos, garantindo que o material didático esteja alinhado com as necessidades e expectativas dos alunos participantes.

Durante o desenvolvimento dos roteiros, houve dificuldade em encontrar trabalhos sobre statecharts e sistemas reativos, devido à escassez de materiais disponíveis em português. Dessa forma, este trabalho busca preencher essa lacuna e facilitar o acesso a informações valiosas a estudantes e profissionais da área.

O objetivo foi criar um material que não apenas introduzisse o conceitos de statecharts, mas que também facilitasse a sua aplicação em modelagem reais. Embora a validação final dos roteiros ocorra apenas durante o minicurso, acreditamos que os objetivos finais foram alcançados, de forma a proporcionar uma compreensão abrangente na utilização de statecharts em sistemas reativos e embarcados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IFMG – Campus Formiga, em especial ao GSE – Grupo de Soluções em Engenharia, pela interação e colaboração no desenvolvimento do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA JUNIOR, Jorge Rady de. **STAD: Uma ferramenta para representação e simulação de sistemas através de statecharts adaptativos**. 1995. Tese(Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995. Acesso em 8 mai. 2024

BEQUE, Luciéli Tolfo. **Avaliação dos requisitos para teste de um sistema operacional embarcado**. 2009. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência da Computação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/17799/000725176.pdf>. Acesso em 25 de mai.2024.

CARRO, L.; WAGNER, F. Sistemas Computacionais Embarcados. In: **Jornadas de Atualização em Informática**. Campinas, p.45-9, 2003.

MATHWORKS. **Simulink**. Disponível em: <https://www.mathworks.com/products/simulink.html>. Acesso em: 10 mai. 2024.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **CNE - Histórico**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/escola-de-gestores-da-educacao-basica/323-secretarias-112877938/orgaos-vinculados-82187207/14306-cne-historico>. Acesso em: 22 mai.2024.

SERVIÇOS E INFORMAÇÕES DO BRASIL. **Secretaria de Educação Profissional e Tecnologia**. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/estrutura-rganizacional/orgaos-especificos-singulares/secretaria-de-educacao-profissional#:~:text=A%20Secretaria%20de%20Educa%C3%A7%C3%A3o%20Profissional,e%20os%20agentes%20sociais%20parceiros>. Acesso em: 22 mai.2024.

SOUZA, Simone do Rocio Senger de. **Validação de especificações de sistemas reativos**: Definição e análise de critérios de teste. 2000. Tese (Doutorado em Física Aplicada) - Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

TEIXEIRA, R. L. P., SILVA, P. C. D, & DE ARAÚJO BRITO, M. L. Aplicabilidade de metodologias ativas de aprendizagem baseada em problemas em cursos de graduação em engenharia. **Humanidades & Inovação**, 6(8), 138-147, 2019.

ABSTRACT

With technological advances, the complexity of embedded systems requires more detailed specifications. Problems related to the lack of alignment between areas such as electrical engineering and computer science highlight the need for a tool for greater detail and ease in modeling reactive systems. Statecharts emerge as a visual formalization tool that allows reactive systems to be modeled, facilitating communication and avoiding ambiguity. As a way of fostering knowledge about statecharts, learning scripts were developed based on active methodology and problem solving, with the aim of facilitating understanding of the tool, presenting its concepts and applying modeling that demonstrates cases that will be encountered in everyday life and in industry. The scripts will be applied in a mini-course, which is expected to be offered at the 2024 Jornada de Educação, Ciência e Tecnologia (JECT) of the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) Campus Formiga. The application will be realized in the Simulink/MATLAB da MathWorks software, which allows for interactive and precise simulations, presenting an easy-to-understand environment. This work, in addition to seeking interdisciplinary communication between students from different areas, also seeks to make up for the scarcity of work related to statecharts, especially in Portuguese, and can complement the training of students and professionals.

Keywords: Statecharts. Embedded systems. Reactive systems. Simulink. Active methodology.

