

# A UTILIZAÇÃO DA REDE DE PETRI COMO PROMOTORA DO ENSINO DE CIRCUITOS LÓGICOS NA GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA ELÉTRICA APLICADA NUM PROTÓTIPO QUE SIMULA UM SISTEMA DE SEGURANÇA AUTOMOTIVO

Renata Santana Santos <sup>1</sup>  
João Pedro Silva Pinto Alves <sup>2</sup>  
Demetrius Araujo Dias Segundo <sup>3</sup>

## RESUMO

Sabe-se no curso de engenharia elétrica, sobretudo em alguns cursos de tecnologia da informação, da importância de se conhecer as portas lógicas – circuitos realizadores de operações com lógica booleana – as quais são a unidade básica dos processadores que fazem parte da maioria dos objetos eletrônicos. Desta forma, objetiva-se com este trabalho criar uma metodologia na qual auxilie os alunos dos cursos voltados para a área de eletrônica a identificarem com maior facilidade as variáveis e as lógicas booleanas a serem empregadas nestas portas, de forma que facilite a criação dos projetos e práticas realizadas por eles. Como o instrumento facilitador, explora-se o uso das Redes de Petri neste processo de obtenção da lógica. A fim de se mostrar esta metodologia aplicada, cria-se uma prática a ser realizada com os alunos de um protótipo de sistema de segurança automotivo utilizando-se circuitos lógicos com o auxílio da Rede de Petri. Por fim, expõe-se os resultados obtidos de uma pesquisa feita com alunos do componente curricular Circuito Lógicos, da graduação de Engenharia Elétrica, participantes da prática visando a validação da metodologia utilizada e a importância de atividades práticas no processo de aprendizado.

**Palavras-chave:** Engenharia elétrica, redes de Petri, portas lógicas, didática, aula prática.

## INTRODUÇÃO

É sabido na comunidade do ramo da eletrônica que os computadores, processadores e afins, operam utilizando lógica booleana. Sendo que, segundo Capuano e Idoeta (2006), cada variável booleana da função lógica pode assumir somente duas situações distintas: 0 ou 1. O número 1 é relacionado à lógica verdadeira e 0, à lógica falsa. Sendo que, “o termo lógica é aplicado a circuitos digitais usados para implementar funções lógicas. Diversos tipos de circuitos lógicos digitais são os elementos básicos que formam os blocos construtivos de sistemas digitais complexos como o computador” (FLOYD, 2007). Desta forma, a unidade básica que constituem estes sistemas são as Portas Lógicas (PL) – circuitos formados por

---

<sup>1</sup> Graduanda do Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal da Bahia - IFBA, [renassba@gmail.com](mailto:renassba@gmail.com);

<sup>2</sup> Graduando do Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal da Bahia - IFBA, [jpedroslv@gmail.com](mailto:jpedroslv@gmail.com);

<sup>3</sup> Graduando do Curso de Bacharelado em Sistemas da Informação do Instituto Federal da Bahia - IFBA, [demetriusegundo@gmail.com](mailto:demetriusegundo@gmail.com).

componentes eletrônicos (transistores, diodos e resistores) – os quais realizam operações de lógica booleana.

Para estudantes que visam atuar na área de tecnologia da informação, é importante deter o conhecimento acerca do funcionamento das PL, situação que nem sempre ocorre sobretudo quando o aluno pouco conhece sobre processadores ou componentes eletrônicos. A fim de auxiliar nesta detenção de conhecimento, a aplicação de atividades práticas, que os envolvem diretamente no processo de criação do que será desenvolvido, podem se tornar muito mais efetivas do que aulas puramente teóricas, principalmente se forem usados os recursos certos. Nesse contexto, o uso das Redes de Petri (RdP) – recurso gráfico que representa a conexão de ações (estados) através de condições (eventos) – ajuda a explicitar qual deve ser o raciocínio empregado nestas portas, a fim de que o circuito funcione corretamente de acordo com a lógica proposta pelo aluno ou professor.

Assim, este trabalho expõe uma prática, cujo objetivo é a criação de um sistema de segurança (ou alarme) automotivo. Nesta prática, é exemplificado como o emprego das RdP facilita o aluno a visualizar qual lógica deve ser utilizada nas portas inseridas no circuito, a fim de que o sistema funcione de acordo com ela.

## **METODOLOGIA**

Propõe-se, neste trabalho, a criação de uma metodologia utilizando o recurso das Redes de Petri como instrumento auxiliador do entendimento do raciocínio a ser aplicado nos circuitos lógicos, os quais foram utilizados na construção do protótipo deste sistema de segurança automotivo. Tendo-se o conhecimento das Redes de Petri e dos circuitos integrados (CI) que retêm as portas lógicas, este trabalho constitui-se na elaboração da RdP que simula o sistema implementado, na elaboração do protótipo circuitado correspondente à lógica da rede e na pesquisa sobre sua funcionalidade realizada através de um questionário com os alunos que participaram desta prática.

Primeiramente, fez-se a RdP, a qual simula o funcionamento de um sistema de segurança interno de um carro popular. Depois, extraiu-se da rede, as variáveis e suas respectivas lógicas booleanas a serem utilizadas no circuito do protótipo e montou-se, através do software *Multisim*, o circuito correspondente. Em seguida, fez-se a montagem do protótipo numa *proto-board* e os testes com relação ao funcionamento do circuito e da lógica empregada. Para isso, utilizou-se chaves tripolares como sendo as variáveis lógicas e dois LED como sendo os sinalizadores do sistema de segurança. Por fim, buscando validar a

metodologia proposta, fez-se uma pesquisa com alunos que tiveram contato com a prática exposta neste trabalho.

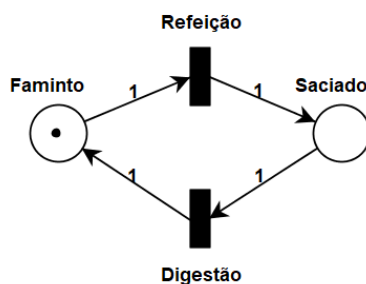
## DESENVOLVIMENTO

### REDES DE PETRI

Segundo Cardoso e Valette (1997), a Rede de Petri é um sistema de regras que se baseia numa representação do conhecimento sob a forma de condição-ação. De forma gráfica, ela é formada por círculos, os quais simbolizam os lugares (estados ou ações), conectados entre si através de barras (ou retângulos), os quais simbolizam as transições (eventos ou condições). Assim, uma RdP costuma representar um conjunto de ações, as quais para ocorrerem, dependem de que determinadas condições sejam realizadas.

Para facilitar seu entendimento, na Figura 1, tem-se um exemplo simples de RdP, que representa superficialmente o ciclo de saciedade de uma pessoa. Esta rede foi feita utilizando-se o *software* PIPE (*Platform Independent Petri Editor*). Esta rede representa que, estando faminto, no estado inicial, o qual contém uma ficha (representada por um ponto), ao ser feita uma refeição, o indivíduo passa a estar saciado até que seu ciclo digestivo é concluído e ele volta a sentir fome.

Figura 1. Representação simplória do ciclo de saciedade de um indivíduo.



Fonte: Autoria Própria (2019).

### PORTAS LÓGICAS

Uma porta lógica é um circuito integrado (CI) que realiza operações de álgebra booleana, ou seja, “[...] usa variáveis cujos valores podem ser apenas 1 ou 0 (representando verdadeiro ou falso, respectivamente) e cujos operadores, como AND, OR e NOT, operam com essas variáveis e dão como retorno 1 ou 0” (VAHID, 2008). Elas possuem um (porta

NOT) ou dois (portas AND ou OR) valores binários de entrada e possuem um valor binário na saída. Sendo que:

- A porta AND retorna 1 na saída, quando ambas as entradas são 1. Caso contrário, a porta retorna 0;
- A porta OR retorna 1 na saída, quando ao menos uma entrada é 1. Caso nenhuma das entradas sejam 1, a porta retorna 0.
- A porta NOT retorna 1 quando a entrada é 0. Caso a entrada seja 1, a porta retorna 0. Esta porta também é chamada de inversora.

Eletricamente, o valor de retorno 1 significa que a porta está energizando o resto do circuito com o valor de tensão determinado pelo aluno ou professor. De forma oposta, o valor de retorno 0 significa que não está havendo esta energização. Uma porta lógica é um circuito extremamente pequeno, por isso, em um CI que realize as operações booleanas, possui num mesmo componente 4 ou 6 portas lógicas inseridas. No caso das portas de duas entradas, 4; no caso de uma entrada, 6.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

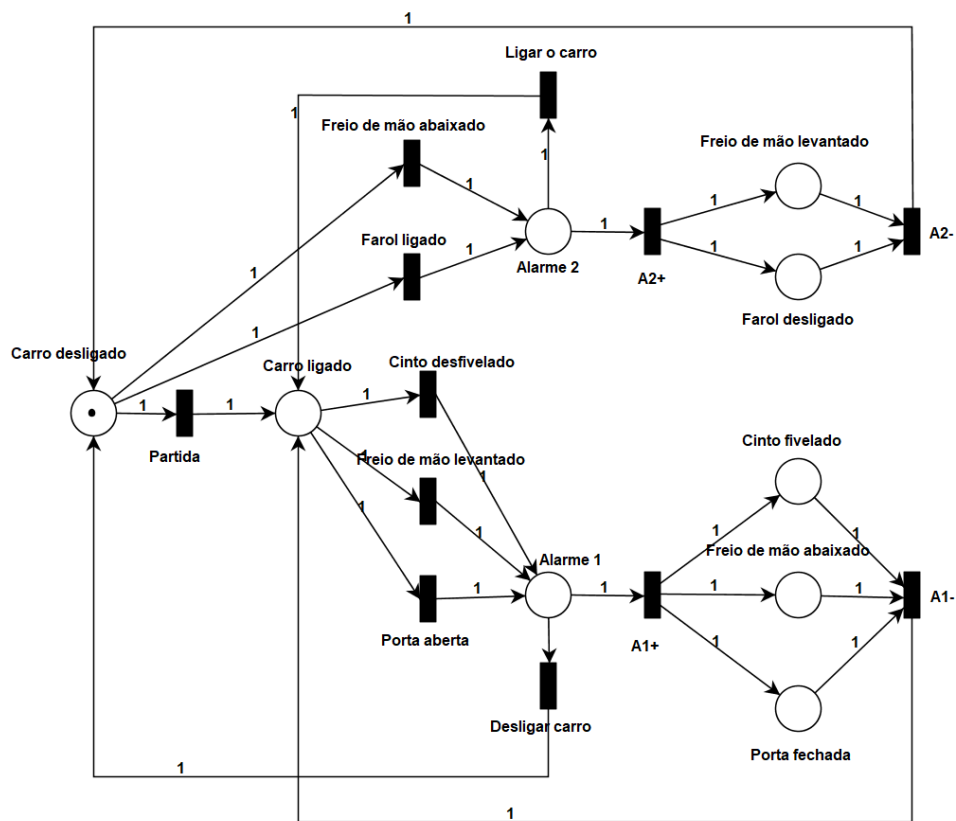
Tendo-se os conhecimentos necessário, propôs-se a construção de um sistema de segurança automotivo, ou seja, um sistema que de alguma forma retornasse uma sinalização (neste caso, um LED acenderia) quando alguma situação entendida por ele como errada ocorresse. O primeiro passo desta construção foi justamente a criação de uma Rede de Petri que mostrasse a lógica necessária para o funcionamento do protótipo, de modo que facilitasse a visualização pelos alunos das entradas das portas a serem utilizadas e das lógicas que eles deveriam implementar.

Antes da construção da Rede de Petri, pensou-se em quais situações o sistema de monitoramento iria alertar, ou seja, acender o LED. Estas situações foram listadas a seguir:

- Ignição ligada com o freio de mão levantado;
- Ignição ligada com a porta aberta;
- Ignição ligada com o cinto desafivelado;
- Ignição desligada com o freio de mão abaixado;
- Ignição desligada com o farol aceso.

Após determinadas as situações, montou-se a Rede de Petri no *software* PIPE, a qual pode ser vista na Figura 2. Para facilitar o entendimento do funcionamento do sistema, dividiu-se a rede em duas partes: uma parte para o monitoramento com o carro desligado, a qual pode ser vista na Figura 3, e outra para o monitoramento com o carro ligado, a qual pode ser vista na Figura 4.

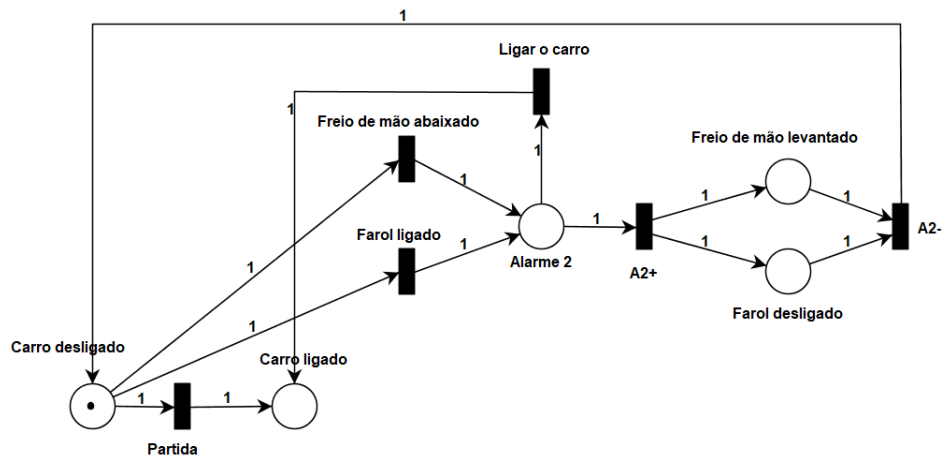
Figura 2. Rede de Petri simulando o funcionamento do sistema de segurança automotivo.



Fonte: Autoria própria (2019).

O funcionamento da parte correspondente ao monitoramento com o carro desligado, vista na Figura 3, ocorre da seguinte forma. Estando no estado inicial, Carro desligado, existem três eventos que podem ocorrer: se o freio de mão estiver abaixado ou o farol estiver ligado, o Alarme 2 será acionado e se for dada a partida o carro passa a estar ligado. Com o Alarme 2 acionado, se o carro for ligado, o estado muda para Carro ligado e então o alarme é desligado, mas se o carro não for ligado, o alarme permanece acionado (A2+). O Alarme 2 será desligado (A2-), apenas se tanto o freio de mão estiver levantado, quanto o farol estiver desligado. Ocorrendo ambas as condições citadas, a rede volta para o estado Carro desligado.

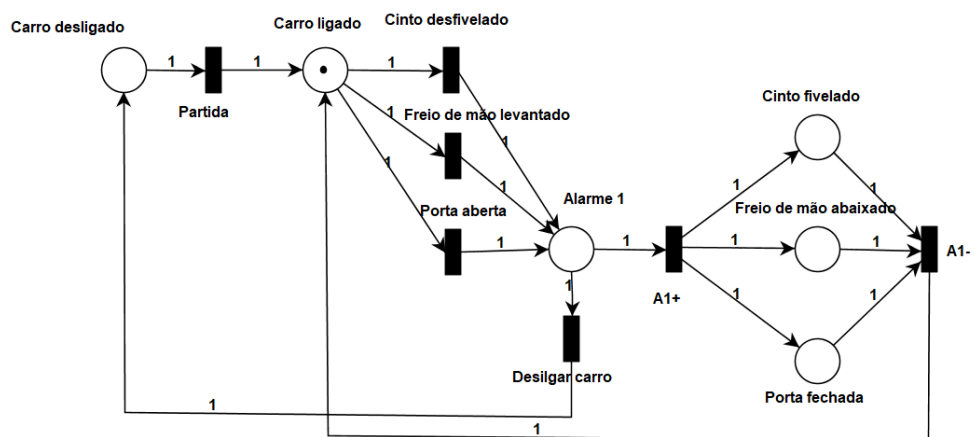
Figura 3. Parte da RdP correspondente ao monitoramento com o carro desligado.



Fonte: Autoria própria (2019).

O funcionamento da parte correspondente ao monitoramento com o carro ligado, vista na Figura 4, ocorre da seguinte forma. Estando no estado inicial, Carro desligado, o condutor dá a partida, passando para o estado Carro ligado. Estando em Carro ligado, se o cinto estiver desfivelado ou o freio de mão estiver levantado ou a porta estiver aberta, o Alarme 1 será acionado. Com o Alarme 1 acionado, se o carro for desligado, o estado muda para Carro desligado e então o Alarme 1 é desligado, mas se o carro não for desligado, o alarme permanece acionado (A1+). O Alarme 1 será desligado (A1-) apenas se tanto o cinto estiver fivelado, quanto o freio de mão estiver abaixado e a porta estiver fechada. Ocorrendo as três condições, a rede volta para o estado Carro ligado.

Figura 4. Parte da RdP correspondente ao monitoramento com o carro ligado.



Fonte: Autoria própria (2019).



Com a Rede de Petri construída, extraiu-se dela as lógicas que deveriam ser utilizadas nas PL a serem inseridas no circuito do protótipo, assim como pode-se escolher as variáveis que seriam as entradas do nosso sistema. Na Tabela 1 podem ser vistas tais variáveis como também a lógica de cada uma delas para 0 ou 1.

Tabela 1. Variáveis utilizadas como entrada do sistema de monitoramento e suas respectivas lógicas booleanas.

Variável	Abreviação	Lógica	
Ignição	$I_g$	0	Carro desligado
		1	Carro ligado
Cinto	C	0	Desfivelado
		1	Fivelado
Freio de Mão	$F_m$	0	Abaixado
		1	Levantado
Porta	P	0	Fechada
		1	Aberta
Farol	$F_a$	0	Apagado
		1	Aceso

Fonte: Autoria Própria (2019).

A partir da Tabela 1 e através de uma Tabela da Verdade, que é um recurso utilizado para se encontrar as equações das saídas das portas lógicas a fim de facilitar a montagem dos circuitos, obteve-se a Equação 1, que é da saída  $S_1$  (para o carro ligado), e a Equação 2, que é da saída  $S_2$  (para o carro desligado).

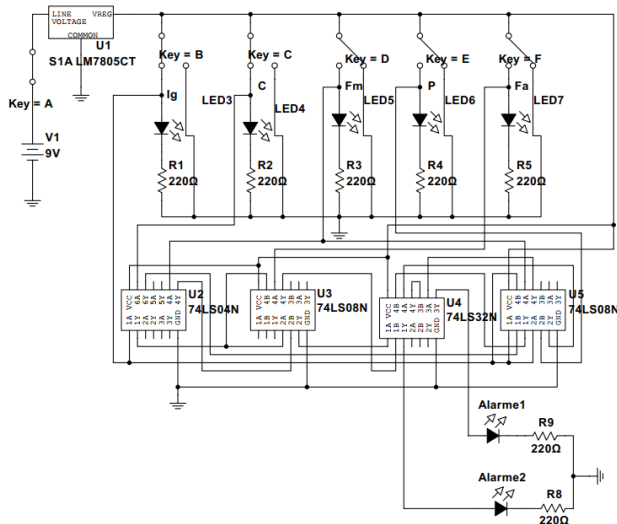
$$S_1 = I_g \bar{C} + I_g P + I_g F_m \quad (1)$$

$$S_2 = \bar{I}_g \bar{F}_m + \bar{I}_g F_a \quad (2)$$

Com as equações citadas anteriormente, consegue-se fazer a montagem do circuito do protótipo, o qual, a título de curiosidade, é o mostrado a seguir, na Figura 5. Como o foco deste trabalho não é a explicação das ligações circuitais, mas sim a metodologia didática empregada para maior aprendizado dos alunos, então não haverá maiores informações destas

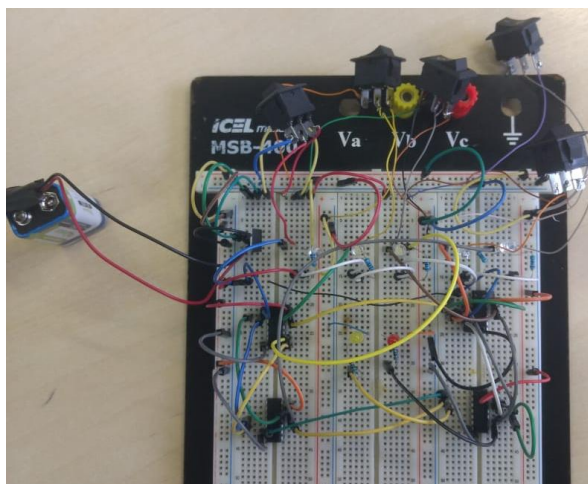
partes específicas. Na Figura 6, tem-se uma foto do protótipo montado, no qual as cinco chaves pretas simbolizam, cada uma, as variáveis vistas na Tabela 1, as quais quando acionadas simbolizam a lógica 1 e quando desligadas, a lógica 0.

Figura 5. Esquemático do circuito do sistema montado. Os componentes U2, U3, U4 e U5 são os CI que contêm as PL.



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 6. Protótipo do sistema de segurança automotivo montado em *protoboard*.



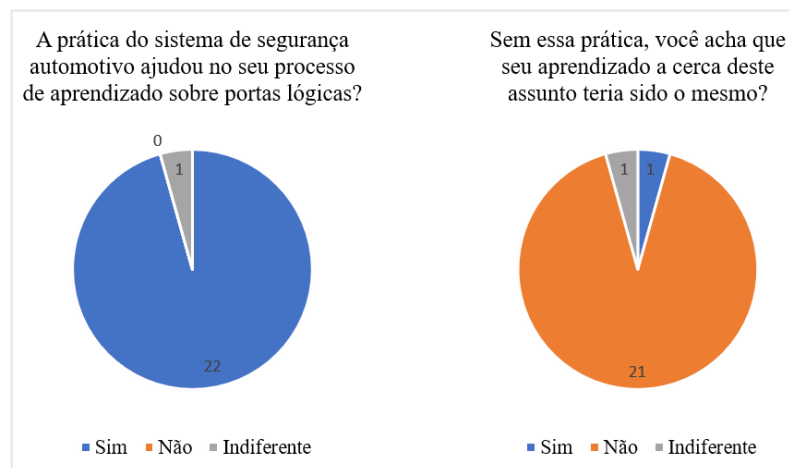
Fonte: Autoria própria (2019).

Buscando-se validar a metodologia utilizada neste trabalho, ou seja, a facilitação da obtenção das lógicas a serem utilizadas nas PL, utilizando-se RDP como instrumento facilitador, fez-se uma pesquisa com os alunos da disciplina de Circuitos Lógicos que fizeram essa prática da construção do sistema de segurança. Dos questionários enviados



aos alunos, 23 foram respondidos. Na Figura 7 tem-se os gráficos com as perguntas e as respectivas respostas dos alunos.

Figura 7. Resultado do questionário feito aos alunos que tiveram contato com a prática.



Fonte: Autoria própria (2019).

Com o questionário, dos 23 alunos, 95,65% disseram que a elaboração desta prática ajudou no seu processo de aprendizagem e 91,31% acreditam que, sem esta atividade, seu aprendizado sobre portas lógicas não teria tido o mesmo rendimento.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como foi explicitado anteriormente, o objetivo deste trabalho era expor uma metodologia utilizando Rede de Petri, que não é um recurso muito difundido, como facilitadora do aprendizado de portas lógicas. Para isso, criou-se um protótipo de sistema de segurança automotivo utilizando-a. Anseia-se, com esta metodologia, facilitar para os alunos a visualização das variáveis e de suas respectivas lógicas booleanas necessárias para a criação de projetos que necessitem destas portas.

Além disso, também espera-se que, principalmente após a exposição do resultado do questionário, os professores das engenharia, além da elétrica, criem mais práticas didáticas que expunham para os alunos o que foi explicado teoricamente de forma que eles interajam diretamente com o assunto. Pois, além de reter a atenção deles, após a criação do protótipo com sua participação, os alunos ficam mais motivados a fazerem novas criações e a se desenvolverem academicamente nas outras disciplinas que exigem, como atividade avaliativa, a criação de projetos.

## REFERÊNCIAS

CAPUANO, Franciso Gabriel; IDOETA, Ivan V. **Elementos de Eletrônica Digital**. 38. ed. [s.l.]: Érica, 2006.

FLOYD, Thomas L. **Sistemas digitais: fundamentos e aplicações**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007. 888 p. Tradução de: José Lucimar do Nascimento.

VALLETE, Robert; CARDOSO, Janette. **Redes de Petri**. Florianópolis: [s.n.], 1997. Disponível em: <<http://valetterobert.free.fr/enseignement.d/livroweb101004.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2019

VAHID, Frank. **Sistemas digitais: projeto, otimização e HDLs**. Porto Alegre: Artmed, 2008. 560 p. Tradução de: Anatólio Laschuk.