

Uso de macros na aprendizagem de autômatos adaptativos: ensaio de integração da técnica OC2-RD2 com a Taxonomia de Bloom Revisada

P. R. M. Cereda, I. S. Vega e F. S. Marcondes

Abstract—Este artigo promove a discussão da utilização do conceito de macros e sistemas de reescrita de termos na aprendizagem de teorias da computação em cursos de nível superior, viabilizada pela elaboração de ensaios narrativos integrando a técnica OC2-RD2 com a Taxonomia de Bloom Revisada.

Palavras-chave:—autômato adaptativo, teoria da computação, macros, sistemas de reescrita, ensaio narrativo, OC2-RD2

I. INTRODUÇÃO

A apresentação de teorias da computação em cursos de nível superior pode se beneficiar de técnicas instrucionais baseadas em narrativas e objetivos de aprendizagem. Este artigo descreve a elaboração de um ensaio narrativo OC2-RD2 [1], [2], integrado com a Taxonomia de Bloom [3] para apresentar os elementos centrais da Teoria dos Autômatos Adaptativos de acordo com Neto [4]. O ensaio explora os processos cognitivos de lembrança, entendimento e aplicação, proporcionando condições para a montagem de um ambiente no qual o aprendiz poderá desenvolver os níveis mais baixos de habilidades de pensamento.

Durante a elaboração de ambientes de aprendizagem, cuidados devem ser tomados em relação à aprendizagem por repetição [5]. Pode-se induzir o aprendiz a guiar-se por um processo de memorização no qual os conceitos são estudados por meio de alguma técnica de repetição, tipicamente a realização de uma lista de exercícios.

O artigo segue apresentando-se os objetivos de aprendizagem a serem alcançados pela narração da história da fábula OC2-RD2. Em seguida, caracterizam-se os tipos de cenas da fábula, de acordo com a técnica OC2-RD2.

A. Objetivos de aprendizagem

Durante o planejamento de material instrucional, recomenda-se a especificação de objetivos de aprendizagem como ponto de partida. De acordo com a Taxonomia de Bloom Revisada, duas importantes dimensões cognitivas devem ser contempladas: a dimensão do conhecimento e a dos processos cognitivos [3]. No ensaio-alvo deste artigo, apenas os processos cognitivos de nível mais baixo serão exercitados, uma vez que a intenção é de se criar um ambiente de aprendizagem no qual alguns conceitos fundamentais a respeito de autômatos adaptativos sejam introduzidos.

Os autores podem ser contatados através dos seguintes endereços de correio eletrônico: paulo.cereda@alumni.usp.br, italo@pucsp.br e yehaain@gmail.com.

A estrutura da dimensão de conhecimento inclui a categoria fatorial (ou efetiva) e refere-se aos elementos básicos que devem ser conhecidos em uma disciplina, como a terminologia, por exemplo. Outra categoria, a conceitual, apresenta os interrelacionamentos entre os elementos básicos no contexto de uma estrutura mais abrangente, mostrando como devem funcionar em conjunto. O conhecimento da categoria procedural revela-se na maneira de se fazer coisas, principalmente os métodos, algoritmos e técnicas. Finalmente, a categoria metacognitiva, refere-se à cognição em geral e, em particular, ao processo de cognição do próprio aprendiz. No ensaio de elaboração da fábula deste artigo, apenas as duas primeiras categorias de conhecimento serão exploradas.

Quanto à dimensão dos processos cognitivos, a Taxonomia propõe seis categorias, hierarquicamente organizadas (Figura 1). Os processos de nível mais baixo remetem a pensamentos mais simples, iniciando pelo de lembrança. A ativação desta categoria de processo deve desencadear o reconhecimento e a recuperação de conhecimento no aprendiz. Em seguida, encontra-se o processo de entendimento que determina o significado das mensagens instrucionais. No caso de modelos de computação, tipicamente estas mensagens assumem a forma escrita e gráfica de comunicação. O processo cognitivo de aplicação completa o grupo de processos simples. A ativação desta categoria de processo leva o aprendiz a utilizar um procedimento em alguma situação. As três categorias de processos maiores, mais complexos, não serão exercitados pela fábula elaborada neste artigo.

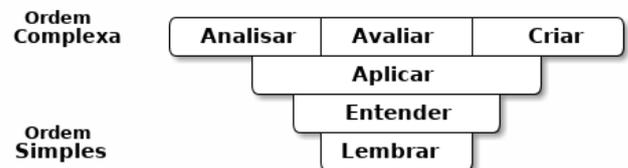


Figura 1. Níveis e processos cognitivos de Bloom.

A combinação destas duas dimensões conduz a um quadro no qual se declaram os objetivos de aprendizagem a serem alcançados. No presente caso, os objetivos são apresentados na Tabela I.

Visualizam-se estes objetivos, organizados nas dimensões de Bloom, conforme ilustrado na Figura 2. Cabe ao responsável pela construção do ambiente de aprendizagem, alocar

Tabela I
OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM A SEREM ALCANÇADOS.

CA1	identificar os elementos da estrutura de um autômato sem transições adaptativas
CA2	descrever o funcionamento de um autômato sem transições adaptativas
CA3	listar os elementos que definem uma macro
CA4	nomear os tipos de ações adaptativas
CA5	combinar funções adaptativas com efeitos adaptativos
CA6	descrever a implementação de um autômato adaptativo por meio de macros
CA7	computar cadeias de símbolos reconhecidas por um autômato adaptativo

os objetivos às células desta matriz – preocupação que será refinada em um outro artigo.

B. Fábulas OC2-RD2

Vega [1] introduz uma estrutura narrativa para ser utilizada em ambientes de aprendizagem. O projeto das interações com o aprendiz é central à técnica. Pretende-se que a narração de uma história no ambiente desencadeie interações que estimulem o aprendiz a participar e a desenvolver o seu conhecimento por gradual ativação dos seus processos cognitivos.

A estrutura da fábula que origina as cenas de uma história segue um ritmo de sequências objetivas do tipo objetivo-contratempo-catástrofe, intercaladas com sequências subjetivas do tipo reação-dilema-decisão. Concentram-se nas passagens subjetivas as referidas interações.

As cenas-objetivo estabelecem um motivo para as ações dos personagens. No presente artigo, apenas o personagem Fubã será utilizado [6]. Ele representa o nível iniciante no trabalho realizado por Dreyfus e Dreyfus [7], comportando-se como uma pessoa interessada, curiosa, de acordo com a valoração de Kort et. al [8]. Considera-se este personagem apropriado para histórias que se propõem a apresentar conceitos introdutórios.

Cenas de contratempo apresentam um dilema decorrente de questões fechadas no sentido de Ragonis [9], mantendo-se o nível de lembrança, segundo a Taxonomia de Bloom. As cenas de catástrofe, por outro lado, alteram o ritmo narrativo estabelecido por uma sequência de contratempos. A quebra ocorre quando são acionados processos cognitivos de ordem maior. No ensaio, optou-se por acionar processos cognitivos de lembrança nas cenas de contratempo. Por conseguinte, as cenas de catástrofe apoiar-se-ão em processos cognitivos de entendimento. Tais cenas conduzirão a um dilema declarado na forma de uma pergunta aberta na linha de Ragonis [9].

Iniciando-se o projeto da fábula OC2-RD2, estabelece-se o objetivo a ser alcançado pelo personagem Fubã, quando este se propõe a estudar os fundamentos da Teoria dos Autômatos Adaptativos:

Cena 1 (objetivo) Em uma das páginas do seu livro-texto [10], Fubã encontra o problema de implementar um autômato adaptativo capaz de reconhecer a linguagem

$a^n b^n c^n$, com $n > 0$. Ele conseguirá, caso utilize a noção de “macro”?

O projeto das cenas seguintes deve ser tal que, gradativamente, este objetivo seja alcançado. Cabe ao autor da fábula, estabelecer trechos subjetivos de complexidade cognitiva crescente, visando colaborar para que o aprendiz, assumindo o papel do personagem Fubã, consiga implementar o reconhecedor daquela linguagem. Na próxima sequência de cenas, a estrutura formal de um autômato torna-se o ponto focal.

II. APRESENTAÇÃO DE CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Para alcançar o objetivo de projetar um reconhecedor da linguagem $a^n b^n c^n$ com o uso de autômatos adaptativos, criam-se cenas de contratempo de nível Bloom mais baixo: lembrar. Isto porquê se trata de uma apresentação introdutória ao assunto. Tais cenas deverão conduzir o personagem em uma trilha de apresentação de conhecimento fatural e conceitual a respeito da estrutura de um autômato. Com a intenção de explorar o conhecimento procedural, também será introduzida a noção do mecanismo de macro, considerada conveniente para as cenas de implementação neste ensaio.

A. Estrutura de um autômato adaptativo

A apresentação formal da estrutura algébrica de um autômato adaptativo encontra-se no trabalho de Neto [4]. Pressupondo-se a existência de algumas cenas de contratempo para introduzir a notação e os elementos estruturais, passa-se a uma cena que convida o personagem Fubã a recuperar este conhecimento (as siglas das cenas correspondem ao quadro de objetivos de aprendizagem).

Cena CA1 (autômato adaptativo, contratempo) Fubã encontra o diagrama de um autômato apresentado na Figura 3, especificado sem a presença de transições adaptativas.

Com base na representação da Figura 3, Fubã deve relacionar cada elemento da estrutura formal de um autômato com uma parte do exemplo, conforme ilustra a Figura 4.

O aprendiz, atuando no papel do personagem Fubã, deverá ser capaz de produzir o seguinte resultado: (1, C), (2, D), (3, A) e (4, B) (Figura 5). Por quê? Ele identifica os elementos do diagrama, representando-os na forma simbólica de acordo com Neto. Além disso, pressupõe que os símbolos do alfabeto Σ restringem-se àqueles do diagrama e que $(q_0, a) \mapsto q_1 \in \delta$.

Na próxima cena CA2, averigua-se o grau de entendimento da representação e, por conseguinte, do autômato representado. Para isso, aciona-se o processo cognitivo de entendimento de Bloom e que deve corresponder a uma cena de catástrofe.

Cena CA2 (catástrofe) Fubã interpreta esta representação como “Após uma sequência de símbolos a , o autômato permanece no estado q_0 . Na primeira ocorrência de b , ele passa ao estado q_1 . Aí permanece na presença de uma subcadeia de símbolos b . Há reconhecimento caso seja q_1 o estado do autômato após o consumo completo da cadeia de entrada.” (sim/não)

	Fatual	Conceitual	Procedural	Metacognitivo
Lembrar	CA1, CA3, CA4, CA5			
Entender		CA2, CA6		
Aplicar		CA7		

Figura 2. Plano dos objetivos de aprendizagem da fábula OC2-RD2.

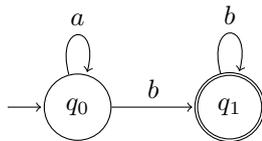


Figura 3. Diagrama de um autômato sem a presença de transições adaptativas.

Cada célula superior (estrutura formal) deve corresponder a uma única célula inferior (exemplo)

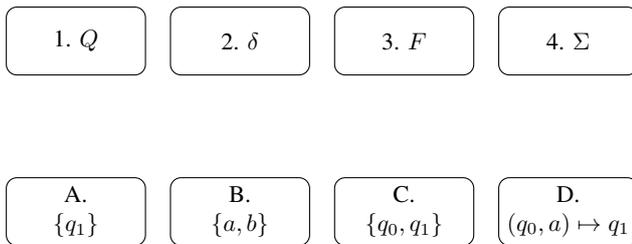


Figura 4. Relacionamento entre a estrutura formal de um autômato com a representação da Figura 3.

Caso o aprendiz concorde com esta interpretação de Fubã, ter-se-á um indício que o seu processo de entendimento está correto. E quanto a um modelo de implementação destes conceitos? No presente ensaio, o mecanismo de macros será utilizado para este fim.

B. Noção de macro

Macros constituem uma particular instância do fenômeno de reescrita de termos. Em linhas gerais, uma macro pode ser

Cada célula superior (estrutura formal) deve corresponder a uma única célula inferior (exemplo)

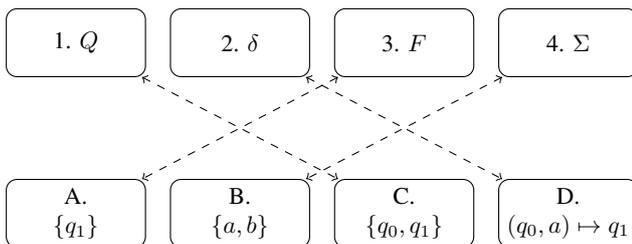


Figura 5. Resolução do relacionamento entre a estrutura formal de um autômato com a representação da Figura 3.

interpretada como uma abreviatura que remete a uma determinada entidade, convenientemente abstraída de características supérfluas ou irrelevantes no nível de observação corrente [11].

Pressupondo-se a existência de algumas cenas de contra-tempo para introduzir os conceitos de reescrita e macros, passa-se a uma cena que convida o personagem Fubã a recuperar este conhecimento.

Cena CA3 (macro, contratempo) Fubã encontra um diagrama contendo representações textuais (palavras em Português) e objetos (imagens estilizadas de animais), apresentado na Figura 6. As palavras e imagens representam macros e suas abstrações correspondentes, respectivamente. ■

Com base na representação da Figura 6, Fubã deve relacionar cada ocorrência de macro com sua abstração correspondente. Em síntese, associa-se a representação visual ao nome do animal.

Cada célula superior (nome da macro) deve corresponder a uma única célula inferior (objeto)

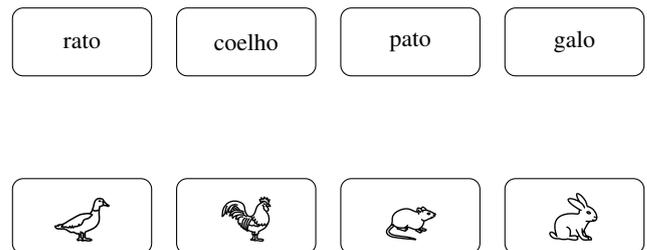


Figura 6. Relacionamento entre o nome da macro e o objeto a qual esta se remete.

O aprendiz, atuando no papel do personagem Fubã, deverá ser capaz de produzir as associações de acordo a Figura 7. Por que? Ele identifica os elementos do diagrama, representando-os na forma simbólica de acordo com critérios semióticos estabelecidos previamente (identificação do animal, abstração e recuperação do nome).

Como o escopo desta fábula inclui o estudo de autômatos adaptativos, ela prossegue na direção das transições adaptativas.

Cada célula superior (nome da macro) deve corresponder a uma única célula inferior (objeto)

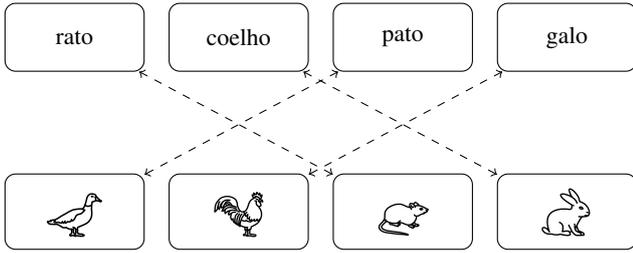


Figura 7. Resolução do relacionamento entre o nome da macro e o objeto a qual esta se remete.

III. ADAPTATIVIDADE E MACRO EXPANSÃO

O mecanismo adaptativo apoia-se em três tipos de ações adaptativas. Uma particular combinação de ações adaptativas origina uma função adaptativa, que pode ser posicionada antes ou depois do disparo de uma transição habilitada entre estados. A próxima cena revisa os tipos de ações adaptativas.

Cena CA4 (notação, contratempo) Fubã deve preencher as lacunas empregando as palavras *remoção*, *inserção* e *consulta*. ■

Os símbolos ?, - e + denotam, respectivamente,
 (1) _____, (2) _____ e (3) _____.

O correto preenchimento associa ? com (1) *consulta*, - com (2) *remoção* e + com (3) *inserção*. Tais ações adaptativas foram projetadas para suportar operações básicas sobre a topologia de um particular autômato adaptativo. Essencialmente, uma consulta atribui estados e transições em variáveis locais, as quais podem ser utilizadas para remover e inserir elementos na estrutura do autômato. A próxima cena da fábula explora este conhecimento.

Cena CA5 (mecanismo adaptativo, contratempo) Fubã observa três momentos de alteração em um autômato com a transição adaptativa A_1 , durante o processamento da cadeia $aabb$. No instante inicial, t_0 , o autômato encontra-se no estado q_0 , preparado para reconhecer o primeiro símbolo a da cadeia de entrada, conforme ilustra a Figura 8. ■

- Neste momento, após reconhecer o primeiro a (e antes de reconhecer o segundo), ele sofre uma transformação: indicação de q_1 como estado final e inserção da transição $(q_0, b) \mapsto q_1$ e, além disso, a transição adaptativa $(q_0, a), A_1 \mapsto q_0$ se altera para $(q_0, a), A_2 \mapsto q_0$.
- No instante t_1 , a aceitação do segundo a provoca a execução da função A_2 . Como resultado, duas novas transições são inseridas, $(q_0, b) \mapsto q_2$ e $(q_2, b) \mapsto q_1$, removendo-se $(q_0, b) \mapsto q_1$.
- A partir do instante t_2 , a estrutura do autômato não mais se altera e o reconhecimento dos dois símbolos b restantes conduzem ao estado final q_1 .

No papel do personagem, o aprendiz deveria associar as ações 1, 3, 5 e 6 à função adaptativa A_1 . A execução da função

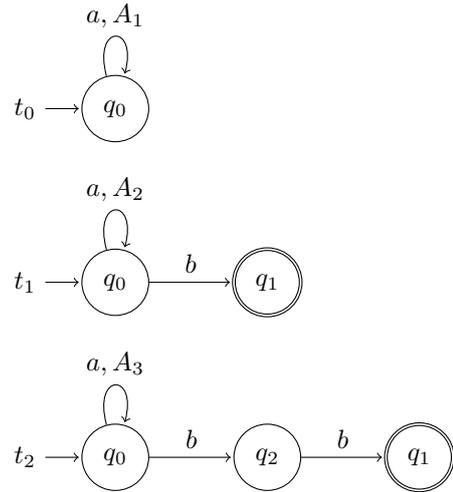


Figura 8. Autômato adaptativo, em três instantes. Observe que, em t_0 , o estado de aceitação q_1 foi deliberadamente omitido para fins de construção narrativa.

A_2 , portanto, resulta das ações 2, 4, 7 e 8, conforme ilustra a Figura 9.

Considere uma representação alternativa das funções adaptativas A_1 e A_2 como ocorrências de macros. A notação algébrica tradicional pode ser substituída por padrões topológicos visuais e seus termos de reescrita correspondentes, de acordo com a Figura 10, inspirada em um ensaio preliminar realizado por Pistori [12]. Assim, o aprendiz poderá dispor de substituições puramente visuais, sem a necessidade de recorrer explicitamente às ações adaptativas elementares, encapsuladas na forma de funções adaptativas.

A representação através de macros com padrões visuais oferece subsídios para que o aprendiz consolide rapidamente o conhecimento adquirido, sem a necessidade imediata de manipulação de elementos da notação algébrica tradicional. O processo de macro expansão, portanto, corresponde operacionalmente ao mecanismo adaptativo.

Cena CA6 (mecanismo adaptativo e macros, catástrofe)

Fubã interpreta esta representação como “Ao observar a topologia do autômato e encontrar partes que sejam idênticas aos padrões visuais das macros, substituí-las por suas representações correspondentes (macro expansão). Feitas as devidas substituições, terei como resultado o autômato correspondente ao instante seguinte, na linha do tempo.” ■

Novamente, caso o aprendiz concorde com esta interpretação de Fubã, ter-se-á um indício que o seu processo de entendimento está correto e que os conceitos estão devidamente sedimentados.

IV. EXEMPLO DE APLICAÇÃO

A cena final desta fábula ilustra a utilização de macros para a implementação de um reconhecedor de linguagem, com base no mecanismo adaptativo. Ela convida o aprendiz a empregar o autômato das cenas anteriores como base para especificar o reconhecedor da linguagem $a^n b^n c^n$. Trata-se de uma cena que

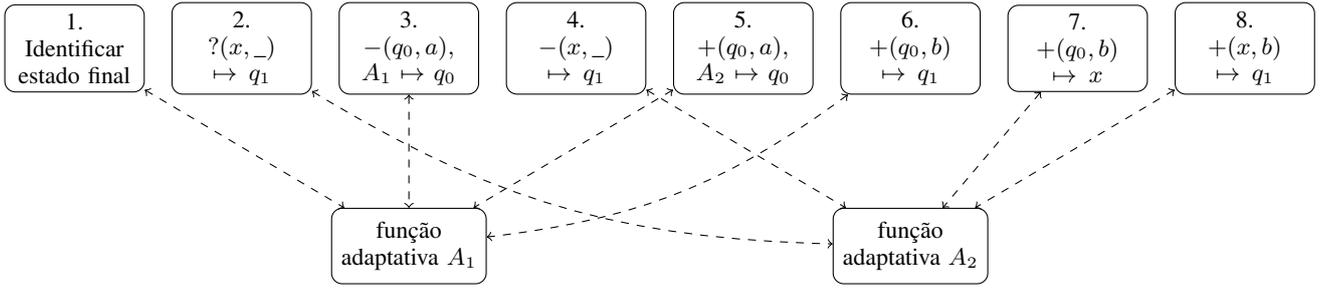


Figura 9. Relacionamento entre as ações adaptativas elementares e as funções adaptativas A_1 e A_2 .

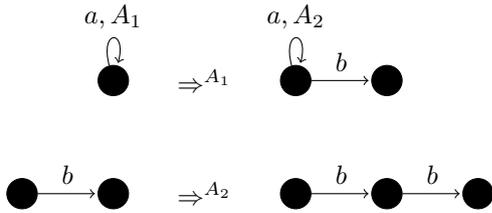


Figura 10. Funções adaptativas A_1 e A_2 da Figura 9, representadas como macros utilizando padrões topológicos visuais.

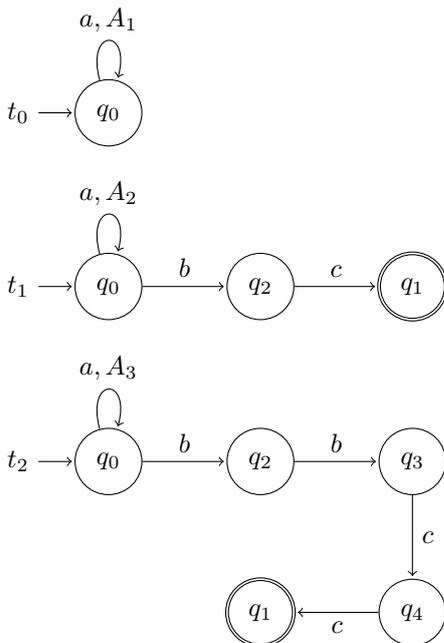


Figura 11. Autômato adaptativo que reconhece cadeias da linguagem $a^n b^n c^n$, evolução no tempo.

deve ser precedida pela apresentação da evolução no tempo apresentada na Figura 11.

A execução da função A_3 , no instante t_0 , introduzirá duas novas transições, bem como a definição do estado final q_1 . Nos instantes seguintes de reconhecimento, transformações similares àquelas da cena CA5 deverão ocorrer, desde que seja corretamente projetada a função adaptativa A_4 . Com esta hipótese, refina-se a cena final desta fábula, CA7.

Cena CA7 (reconhecedor, catástrofe) Fubã sente estar preparado para implementar um reconhecedor da linguagem $a^n b^n c^n$ usando macros. ■

A partir da proposta inicial das macros da Figura 10, é possível aprimorar ainda mais tal representação, efetivamente extraindo os padrões referentes às regras de formação de sentenças da linguagem $a^n b^n c^n$. Em síntese, na ocorrência de um símbolo a adicional, incrementam-se as ocorrências de b e c em uma unidade. Assim, é possível determinar o caso base e o passo indutivo de tais regras de formação, conforme ilustra a Figura 12.

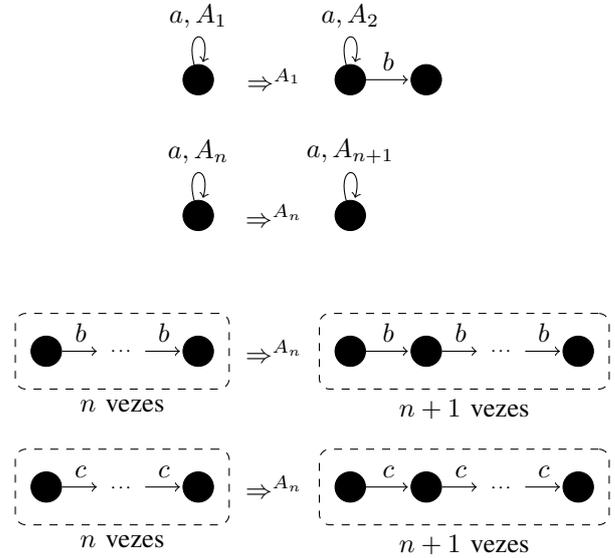


Figura 12. Extração dos padrões referentes às regras de formação da linguagem, determinando-se o caso base e o passo indutivo.

Nesta cena, sugere-se ao aprendiz o uso da linguagem de reescrita JIP [13] para que ele exercite os conceitos reforçados anteriormente e possa implementar um reconhecedor da linguagem estudada. A Figura 13 apresenta o cabeçalho de configuração de um reconhecedor baseado em máquinas de estados finitos em JIP, incluindo a definição da tabela de transições correspondente.

Além do cabeçalho que define a estrutura inicial do autômato adaptativo que reconhece cadeias pertencentes à linguagem $a^n b^n c^n$, o aprendiz dispõe das regras de reescrita correspondentes ao caso base e o passo indutivo (Figura 12), conforme ilustra a Figura 14. Entretanto, Fubã deve complementar a segunda regra (passo indutivo) com a adição do vínculo contextual referente ao símbolo c .

O correto preenchimento do vínculo contextual do símbolo c é apresentado na Figura 15. Assim, a implementação do

```
@fsm => {
  start => q0
  accepting => $seq [ q1 ]
  mapping => {
    (q0, a) -> (q0, 1)
  }
}
```

Figura 13. Cabeçalho de configuração de um reconhecedor baseado em máquinas de estados finitos na linguagem JIP.

```
# regra 1
(x, a) -> (x, 1) => {
  (x, a) -> (x, 1) => _
  _ => (x, a) -> (x, 2)
  _ => (x, b) -> (y, _)
}

# regra 2
(x, a) -> (x, y) => {
  (x, a) -> (x, y) => _
  _ => (x, a) -> (x, y + 1)
  $seq [ (x, b) -> (y, _), x <- y ] => {
    p1, _, p2, _ as $seq [ |$seq| ]
    (p1, _) -> (p2, _) => _
    _ => (p1, b) -> (z, _)
    _ => (z, b) -> (p2, _)
  }
  # preencher regra para consumo de c
}
```

Figura 14. Regras de reescrita correspondentes ao caso base e o passo indutivo (Figura 12), escritas na linguagem JIP.

reconhecedor da linguagem $a^n b^n c^n$ é concluída com sucesso. Ao executar `jip -i rec.jip aabbcc` na linha de comando, o interpretador retornará `true` como resultado, indicando que a cadeia `aabbcc` pertence de fato à linguagem.

A cena final encerra-se, portanto, com a implementação bem-sucedida de um reconhecedor da linguagem $a^n b^n c^n$ usando macros a partir da Teoria dos Autômatos Adaptativos,

```
# regra para consumo de c
$seq [ (x, c) -> (y, _), x <- y ] => {
  p1, _, p2, _ as $seq [ |$seq| ]
  (p1, _) -> (p2, _) => _
  _ => (p1, c) -> (z, _)
  _ => (z, c) -> (p2, _)
}
```

Figura 15. Código-fonte inicial da implementação de um reconhecedor de sentenças da linguagem $a^n b^n c^n$ utilizando macros na linguagem JIP.

desde os conceitos preliminares até testes de pertinência.

V. DISCUSSÃO

As ideias centrais que levaram à concepção de uma fábula OC2-RD2 integrada com a Taxonomia de Bloom Revisada foram apresentadas neste artigo. Procurou-se iluminar um caminho para que tal integração produzisse um veículo narrativo de uma introdução à Teoria dos Autômatos Adaptativos. Como suporte ao conhecimento procedural, não apenas os cálculos formais podem ser exercitados, mas, também, a narrativa contempla cenas que exploram um modelo de execução baseado em macros.

O texto narrativo elaborado neste artigo destaca uma particular sequência de cenas para a apresentação de conceitos, definições, terminologia e instruções executáveis a respeito de autômatos e macros. Como ponto de partida, a concepção da sequência de cenas apoiou-se em objetivos de aprendizagem claramente estabelecidos em termos de Bloom. A Técnica OC2-RD2 contribuiu para estabelecer um ritmo narrativo com oportunidades de interação mestre-aprendiz projetadas nas cenas de contratempo e de catástrofe. Neste sentido, o ambiente de aprendizagem construído com a dimensão narrativa caminha na direção das metodologias ativas: *instructional activities involving students in doing things and thinking about what they are doing* [14]. Durante as cenas do tipo reação-dilema-decisão, a dinâmica de aprendizagem focaliza-se no engajamento do aprendiz, ao invés de atividades realizadas pelo mestre. O exemplo de construção de textos narrativos voltados para cursos de nível superior aqui apresentado dificilmente mostra-se-á adequado para todas as realidades educacionais, mas espera-se que sirva como fonte de inspiração para a construção de outros ambientes de aprendizagem da Teoria de Autômatos Adaptativos.

A identificação de padrões sintáticos contextuais através de macros constitui um recurso interessante para a implementação de reconhecedores utilizando técnicas adaptativas [11]. Do ponto de vista da construção de textos narrativos, macros viabilizam representações conceituais mais palatáveis ao aprendiz, dispensando a necessidade imediata e premente da compreensão de notações algébricas convencionalmente empregadas na Teoria de Autômatos Adaptativos [15].

Em continuidade a este artigo, pretende-se elaborar cenas envolvendo a linguagem DInAton, proposta por Vega [16], bem como o refinamento da linguagem de reescrita JIP.

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Dr. João José Neto pelo apoio e incentivo na elaboração deste artigo, bem como aos colegas do Grupo de Estudos em Modelagem de Software da PUCSP que colaboraram no refinamento da técnica OC2-RD2. De modo especial, uma menção honrosa aos personagens Ocara, Spec, Feh – estes, companheiros de Fubã – bem como Lum e Caô, que foram deliberadamente omitidos na escrita deste artigo.

REFERÊNCIAS

- [1] I. S. Vega, “Fábulas OCC-RDD: histórias didáticas para ambientes interativos híbridos e presenciais de aprendizagem,” *Revista da Associação Brasileira de Tecnologia Educacional*, vol. 31, pp. 105–118, 2016.

- [2] —, “Elaboração de histórias OC2-RD2,” Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUCSP, São Paulo, Relatório técnico 5095, Feb. 2018.
- [3] D. R. Krathwohl, “A revision of Bloom’s taxonomy: an overview,” *Theory in practice*, vol. 41, no. 4, pp. 212–218, 2002.
- [4] J. J. Neto, “Adaptive rule-driven devices: general formulation and case study,” in *International conference on implementation and application of automata*, 2001.
- [5] H. M. Bush, J. Daddysman, and R. Charnigo, “Improving outcomes with Bloom’s taxonomy: from statistics education to research partnerships,” *Journal of Biometrics and Biostatistics*, vol. 4, no. 1, 2014.
- [6] I. S. Vega, “Adaptive specifications and emotions: model of narrative generation for interactive learning environments,” *IEEE Latin America Transactions*, vol. 13, no. 3, pp. 753–761, Mar. 2015.
- [7] S. E. Dreyfus and H. L. Dreyfus, “A five-stage model of the mental activities involved in directed skill acquisition,” *Distribution*, 1980.
- [8] B. Kort, R. Reilly, and R. W. Picard, “An affective model of interplay between emotions and learning: reengineering educational pedagogy building a learning companion,” *ICAT*, pp. 43–48, 2001.
- [9] N. Ragonis, “Type of questions: the case of computer science,” *Olympiads in Informatics*, vol. 6, pp. 115–132, 2012.
- [10] M. V. M. Ramos, J. J. Neto, and I. S. Vega, *Linguagens formais: teoria, modelagem e implementação*. Bookman, 2009.
- [11] P. R. M. Cereda, “Macros como mecanismos de abstração em transformações textuais,” Tese de Doutorado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2018.
- [12] H. Pistori, “Tecnologia em engenharia de computação: estado da arte e aplicações,” Tese de Doutorado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2003.
- [13] P. R. M. Cereda, “JIP: a modern, type-safe term rewriting language,” Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, Technical report, Jan. 2019.
- [14] C. C. Bonwell and J. A. Eison, “Active learning: creating excitement in the classroom,” ASHE-ERIC Higher Education Report, Washington, D.C, Tech. Rep., 1991.
- [15] P. R. M. Cereda, N. K. Miura, and J. J. Neto, “Syntactic analysis of natural language sentences based on rewriting systems and adaptivity,” *Procedia Computer Science*, vol. 130, pp. 1102–1107, 2018.
- [16] I. S. Vega, J. J. Neto, and F. S. Marcondes, “DInAton: a didactic and interactive language for learning adaptive automata by construction,” *Procedia Computer Science*, pp. 1176–1181, 2017.



Francisco Supino Marcondes possui graduação em Sistemas de Informação pela Faculdades Integradas Rio Branco (2004), especialização Em Análise e Projeto de Sistemas pelo Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (2007), mestrado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (2015), mestrado em Engenharia Eletrônica e Computação pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (2011), curso técnico profissionalizante em Processamento de Dados pelo Colégio Mário de Andrade (1999) e aperfeiçoamento em Formação Pedagógica de Docentes da Educação Profissional em nível Médio pelo Instituto Federal de São Paulo (2017). Atualmente é Professor do Instituto Federal de Ciências e Tecnologia de SP, Revisor de periódico da Innovations in Systems and Software Engineering e Membro de corpo editorial da Acta Informaticae Brasiliensis. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Sistemas de Computação.



Paulo Roberto Massa Cereda é graduado em Ciência da Computação pelo Centro Universitário Central Paulista (2005), mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal de São Carlos (2008) e doutor em Engenharia de Computação pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (2018). Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Teoria da Computação, atuando principalmente nos seguintes temas: tecnologia adaptativa, autômatos adaptativos, dispositivos adaptativos, sistemas de reescrita, cálculo lambda, complexidade

computacional, linguagens de programação e construção de compiladores.



Ítalo Santiago Vega possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (1986), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (1993) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (1998). Atualmente é professor da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo e professor das Faculdades Integradas Rio Branco. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em modelagem de sistemas de software, atuando principalmente nos seguintes temas: paradigma de objetos, tecnologia

de objetos, processos de desenvolvimento de software, modelos formais e modelagem de sistemas discretos.