

Percepção do aprendizado nas disciplinas de programação do ensino técnico baseada em modelos mentais

Perception of learning in the programming lectures of technical education based on mental models

Elias José de Rezende Freitas^{1*}, Luiz Olmes Carvalho¹, Venilson Luciano Benigno Fonseca²

(1) Instituto Federal de Minas Gerais, Campus Avançado Itabirito, Itabirito, MG, Brasil. (2) Instituto Federal de Minas Gerais, Campus Ouro Preto, Ouro Preto, MG, Brasil.

Resumo

As Ciências Cognitivas têm como objeto de estudo a compreensão da mente humana e de sua capacidade de aprendizado. Uma maneira de entender esse aprendizado é por meio de modelos mentais, que podem ser vistos como um conjunto de regras, pensamentos e formas de interação com a realidade. Neste trabalho, é apresentado um estudo sobre a percepção do aprendizado nas disciplinas de programação do Ensino Técnico Integrado, por meio de uma investigação indireta de modelos mentais construídos pelos alunos na resolução de problemas computacionais. Como principais contribuições deste trabalho, destacam-se uma análise baseada em questionário para identificar pontos fortes e fracos na estruturação de modelos mentais e a validação das inferências realizadas através de testes de significância estatística. Os resultados obtidos mostram que, embora as turmas analisadas encontrem-se abaixo dos níveis desejados, comprovou-se uma evolução dos modelos mentais observados de uma série para a seguinte.

Palavras-chave: modelo mental; programação; aprendizado.

Abstract

Cognitive Sciences have as their object of study the understanding of the human mind and its ability to learn. One way to understand this learning is through mental models, which can be seen as a set of rules, thoughts, and ways of interacting with reality. In this paper, we present a study about the perception of learning in the programming disciplines of Integrated Technical Education, through an indirect investigation of mental models built by students in solving computational problems. The main contributions of this

* E.J.R. Freitas – E-mail: elias.freitas@ifmg.edu.br - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6986-0602>; L. O. Carvalho E-mail: luiz.olmes@ifmg.edu.br - Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2470-3117>; V.L.B. Fonseca E-mail: venilson.luciano@ifmg.edu.br - Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1070-3976>

work are an analysis based on questionnaire to identify strengths and weakness in the structuring of mental models, and the validation of the inferred conclusions through statistical tests. The obtained results show that although the analyzed classes are raked in levels lower than the expected, an evolution of the observed mental models from a grade to the following was observed.

Keywords: *metal model; programming; learning.*

Introdução

Ciências Cognitivas é o nome de um campo interdisciplinar, envolvendo áreas distintas como antropologia, linguística, neurociência, psicologia, entre outras, cujo foco é o estudo e a compreensão da mente humana de forma estruturada (Gardner, 2003). Essa ciência, que foi reconhecida a partir da década de 1940 (Dupuy, 1994), com advento das teorias computacionais, traz à tona a metáfora da mente humana como uma máquina de inteligência artificial simbólica, resultado de operações computacionais obtidas por regras e símbolos mentais (Teixeira, 1998).

Assim, a partir de fatos, experiências e intuição, as pessoas criam internamente um conjunto de regras, pensamentos e maneiras de interagirem com a realidade, chamado de “modelo mental” (Craik, 1943). O conceito de modelo mental disseminou-se, principalmente, a partir do trabalho de Johnson-Laird (1983) e, nas Ciências Cognitivas, esses modelos são empregados para caracterizar a maneira como as pessoas se relacionam com sistemas físicos (Borges, 1999). Formalmente, de acordo com Johnson-Laird (1983), “modelos mentais são análogos estruturais do mundo [...], são modelos vistos de um determinado ponto de vista”. No escopo do presente trabalho, um modelo mental se expressa como um conjunto de regras, pensamentos e inferências adquiridas por um indivíduo, de acordo com suas experiências sensoriais, a partir da combinação e reorganização de blocos de construção cognitivos para realizar uma atividade. Como cada indivíduo é único, reagindo de forma diferente a um determinado estímulo, pode haver uma variedade de possibilidades de modelos.

Para investigar esses modelos mentais, uma possibilidade, proposta em Vosniadou (1994) e Duque, Paula, Santos & Vieira Jr. (2015), é a aplicação de um questionário de perguntas genéricas do conteúdo avaliado. Outra possibilidade, apresentada em Moreira, Soares & Paulo (2008), é o uso de entrevistas semiestruturadas auxiliadas por mapas conceituais. Dessa forma, analisando os mapas conceituais dos entrevistados, verifica-se a existência de conceitos principais, a clareza da hierarquia apresentada, o uso adequado de conexões e o cruzamento de informações. Além disso, os autores sugerem índices numéricos, a fim de se obter uma nota, determinando a qual modelo mental o entrevistado mais se aproxima.

Do ponto de vista educacional, Johnson-Laird (1983) entende o aprender como a construção de modelos mentais do que está sendo ensinado e o ato de ensinar como a forma de facilitar a construção e a revisão desses modelos. Além disso, Johnson-Laird (1983) observou que algumas das dificuldades apresentadas na aprendizagem de determinado conteúdo podem estar relacionadas com a falta de informações necessárias à construção coerente de um modelo mental ou mesmo da existência de diversos modelos mentais não funcionais (criando uma confusão ou uma falta de conexão no entendimento).

Pode-se dizer, então, que o processo de aprendizagem exige também uma elaboração e uma combinação conexa de múltiplos modelos mentais e que:

[...] mesmo quando são apresentados modelos pré-elaborados, individualmente cada pessoa constrói um modelo daquilo que entende. Assim, se o resultado desta produção não for funcional, o processo de modelagem deve ser repetido com base em novas pesquisas, horas de estudo ou diferentes explicações do professor (em referência aos distintos estilos de aprendizagem) até que os resultados estejam de acordo ou o mais próximo possível de um nível de entendimento aceitável (Vieira Jr., 2012, p. 88).

Dessa forma, tendo conhecimento da maneira com que os alunos elaboram e combinam múltiplos modelos mentais, o professor, para facilitar o aprendizado do aluno, pode utilizar estratégias sistematizadas que permitam a construção e a recombinação dessas estruturas cognitivas (Moreira & Pinto, 2003; Pinto 2019). Por exemplo, no trabalho de Vieira Jr. & Colvara (2010), a partir de níveis conceituais, pôde-se perceber a existência de um número elevado de alunos que apresentaram um modelo mental que associa fração, principalmente, à divisão. Nesse caso, o professor pode direcionar atividades em sala de aula que permitam ao aluno compreender a fração também como proporcionalidade, como razão de dois números.

Este trabalho, por sua vez, apresenta um estudo sobre a percepção do aprendizado nas disciplinas de programação do Ensino Técnico, por meio de investigação indireta a partir de modelos mentais construídos por alunos na resolução de problemas computacionais. Essa investigação é indireta, pois não se busca aqui determinar os vários modelos mentais que os alunos possam ter, mas sim obter agrupamentos de modelos mentais os quais podem demonstrar o nível conceitual, ou seja, o domínio e o aprendizado dos alunos.

Assim, este trabalho pretendeu, também, evidenciar pontos fracos e fortes dos alunos e desafios a serem superados no aprendizado de programação, auxiliando o professor na busca por ferramentas e ações metodológicas que possibilitem o desenvolvimento ou a revisão dos modelos mentais dos alunos.

Metodologia

A metodologia deste trabalho buscou apresentar um procedimento para a avaliação do aprendizado dos alunos do Ensino Técnico em Automação Industrial na resolução de problemas computacionais, por meio de uma investigação indireta de modelos mentais já construídos por eles.

A resolução de um problema computacional, como mostrado no mapa conceitual simplificado da Figura 1, envolve uma gama mínima de conceitos que formam uma estrutura ramificada de bases necessárias e que devem ser assimiladas pelos alunos. A resolução de problemas computacionais, neste trabalho, refere-se aos problemas que podem ser solucionados em uma sequência de passos por um computador. Esses problemas são bem definidos e possuem uma solução que é baseada em lógica e matemática familiar aos alunos do Ensino Médio/Técnico. Tendo em vista essa estrutura, tomou-se como primeira premissa que um conjunto de perguntas abertas e fechadas (que envolvem os conceitos importantes para a resolução de problemas computacionais) pode indicar a presença de um conjunto de modelos mentais elaborados pelos alunos.

Além disso, a segunda premissa adotada é que esse conjunto de modelos mentais construídos pelos alunos pode ser agrupado em níveis conceituais, determinando o domínio dos conteúdos envolvidos. O aluno, ao resolver um problema computacional, muitas vezes utiliza mais de um modelo mental. Assim, é mais viável extrair níveis conceituais dos alunos e a partir deles perceber a construção e as falhas em seu aprendizado.

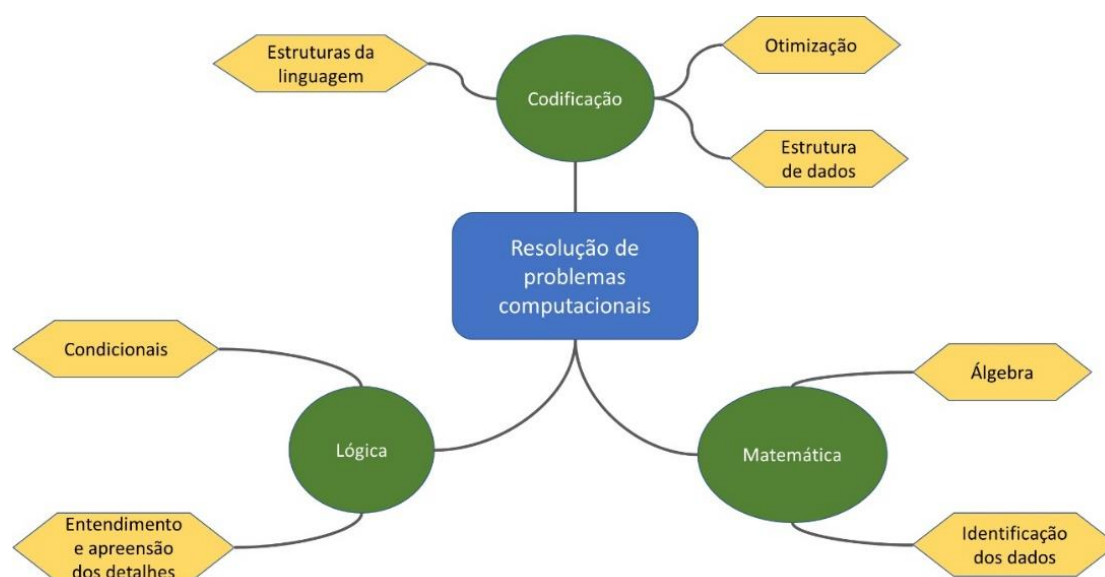


Figura 1 – Mapa conceitual simplificado para a resolução de problemas computacionais.

Baseado nos trabalhos de Borges (1999) e Duque et al. (2015), que propuseram níveis para avaliarem a evolução dos modelos mentais em ordem de complexidade, este trabalho também propõe uma sequência de níveis conceituais e suas definições para a resolução de problemas computacionais:

- Nível 0 (o não-modelo): déficit de noções de lógica e/ou matemática básica, não apresentando domínio para resolver questões cotidianas básicas e para a resolução de problemas computacionais.
- Nível 1 (mecanicista): capacidade de resolver problemas de lógica e matemática básica, identificando, a partir de exemplos, a solução das questões iniciais relacionadas ao cotidiano, mas que não conseguem abstrair para o nível computacional.
- Nível 2 (algébrico): capacidade de resolver problemas de lógica e matemática básica, identificando a solução das questões iniciais relacionadas ao cotidiano e indicando leve condição de abstrair para o nível computacional. Porém não é atento a detalhes importantes de lógica, o que dificulta a abstração correta para a codificação.
- Nível 3 (algorítmico): capacidade de resolver problemas de lógica e matemática básica, identificando a solução das questões iniciais relacionadas ao cotidiano e indicando boa condição de abstrair para o nível computacional, sendo atento a detalhes de lógica. Porém, não consegue realizar uma análise mais aprofundada de problemas mais complexos, faltando-lhe elementos para solucionar um problema mais complexo e abrangente.

- Nível 4 (científico): capacidade de análise e de implementação de problemas computacionais mais elaborados, dominando tanto a lógica quanto a matemática e elaborando uma solução em uma sequência de instruções, também para problemas mais complexos e abrangentes.

A ordem de complexidade dos níveis propostos pode ser sintetizada visualmente na Figura 2. Note que o Nível 0 pode ser entendido como a ausência de um modelo mental para a resolução de problemas computacionais. Assim, um aluno que se enquadra nesse nível deve iniciar o processo de construção do modelo mental. Já os Níveis 1, 2 e 3 apresentam uma maneira desses modelos evoluírem em direção ao Nível 4, identificado na literatura como modelo científico.

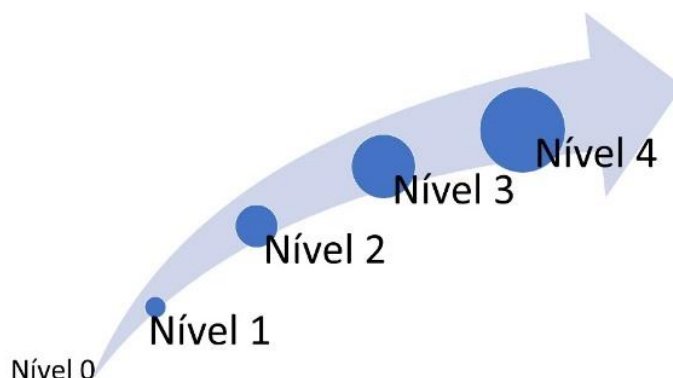


Figura 2 – Complexidade dos níveis conceituais propostos.

3. Questionário de investigação

Com base nessas premissas, elaborou-se um questionário com nove perguntas, sendo quatro questões abertas e cinco questões de múltipla escolha. Nas questões de múltipla escolha são fornecidas sete opções, sendo que uma é “Não sei” (destinada aos alunos que leram a questão e não sabem resolvê-la, ao invés de arriscar marcar qualquer alternativa) e outra: “Não desejo responder” (destinada ao aluno que não tiver interesse em resolver a questão, normalmente, por desconhecimento do conteúdo).

A primeira questão (Q1) envolve a ideia de lógica e matemática elementar aplicada de maneira prática. Por meio dessa questão espera-se elencar os alunos que possuem um modelo mental capaz de representar uma sequência de passos de maneira lógica e organizada e indicar uma construção equivocada de um modelo mental de lógica. Ou seja, o aluno pode, por exemplo, ter um modelo mental que, ao invés de focar no problema a ser resolvido, busca por soluções alternativas com elementos não presentes no problema.

Q1) Você tem dois baldes: um com capacidade para comportar 5 litros, e outro que comporta 3 litros. Você não possui outros recipientes e os baldes não possuem marcações de volume.

- Qual o número mínimo de passos para retirar exatamente 7 litros de água de uma bica com esses baldes? Explique.
- Qual o número mínimo de passos para retirar 4 litros? Explique

Por sua vez, a segunda questão (Q2), apresenta apenas um problema de lógica *booleana*. O aluno por sua experiência ou pelo conteúdo já visto deveria ter inserido em seu

modelo mental de lógica os elementos que façam a conexão da teoria, no caso, o Teorema de De Morgan, com um problema concreto, além de ter a capacidade de representar as operações de lógica “E” e “OU”.

Q2) A negação de “Hoje é segunda-feira e amanhã não choverá” é:

- a) Hoje não é segunda-feira e amanhã não choverá.
- b) Hoje não é segunda-feira e amanhã choverá.
- c) Hoje não é segunda-feira então amanhã choverá.
- d) Hoje não é segunda-feira nem amanhã choverá.
- e) Hoje não é segunda-feira ou amanhã choverá.
- f) Não sei.
- g) Não desejo responder.

A terceira e quarta questões (Q3 e Q4) são baseadas em matemática fundamental, sendo necessário que o aluno consiga construir uma representação de uma função matemática para situações reais.

Q3) Um grupo de amigos pretende alugar um carro por um número x de dias. Consultadas duas agências, a primeira cobra R\$ 62,00 pela diária e mais R\$ 1,40 por km rodado. A segunda agência cobra diária de R\$ 80,00 e mais R\$ 1,20 por km rodado. Escreva a expressão que indica o quanto cada agência irá cobrar, de acordo com o número de dias e quantidade de km rodados.

Q4) Há vinte anos, Maria tinha o dobro da idade atual de José. Hoje, Maria tem a idade que José terá daqui a 43 anos. Daqui a quinze anos, a idade de Maria, em anos, será igual a:

- a) 23
- b) 43
- c) 48
- d) 66
- e) 81
- f) Não sei.
- g) Não desejo responder.

Nota-se que nessa quarta questão uma das opções (letra D) propõe uma solução equivocada, que coloca em evidência um erro de atenção, já que o aluno terá marcado a idade atual da pessoa e não o que foi pedido, que é a idade daqui a 15 anos.

A quinta e sexta questões (Q5 e Q6) estão associadas entre si, sendo que a lógica condicional é a mesma, porém uma está escrita em forma de uma sequência de tarefas e outra é um pseudocódigo, muito próximo ao que os alunos utilizam para programar dispositivos embarcados, como, por exemplo, um Arduino. Essas questões podem indicar uma ruptura entre os Níveis 3 e 4 com os anteriores. Espera-se que nesses níveis mais elevados, o conjunto de modelos mentais construído pelos alunos consiga abstrair as situações de uma sequência de tarefas para a codificação em uma linguagem de programação, tratando os dois problemas da mesma forma. Já nos níveis anteriores, o conjunto de modelos mentais do aluno possibilita, no máximo, obter uma representação funcional para uma sequência de tarefas.

Q5) João foi recentemente contratado por uma fábrica automotiva e em seu novo posto de trabalho existe uma sequência de tarefas a serem executadas sequencialmente conforme as instruções da figura. Sabendo que sua caixa de ferramentas continha: 1 martelo (R\$10,00), 1 multímetro (R\$100,00), 2 chaves de fenda (R\$5,00 cada), 3 furadeiras (R\$500,00 cada) e 1 alicate (R\$30,00), marque a alternativa que indica como estará cada gaveta de João após realizar essa sequência de tarefas:

Enquanto a caixa de ferramenta estiver cheia:
 Retire uma ferramenta da caixa;
 Seja **F** a ferramenta que foi retirada da caixa;
Se F custa menos que R\$30,00 **então**
 Coloque F na primeira gaveta;
Senão se F custar menos que R\$100,00 **então**
 Coloque F na segunda gaveta
Senão
 Coloque F na terceira gaveta.

A primeira gaveta de João conterá 4 ferramentas, a segunda gaveta ficará vazia e a terceira gaveta terá 4 ferramentas.

- a) A primeira gaveta de João conterá 3 ferramentas, a segunda gaveta conterá 1 ferramenta e a terceira gaveta terá 4 ferramentas.
- b) A primeira gaveta de João conterá 4 ferramentas, a segunda gaveta conterá 1 ferramenta e a terceira gaveta conterá 3 ferramentas.
- c) A primeira gaveta de João conterá 3 ferramentas, a segunda gaveta ficará vazia e a terceira gaveta terá 5 ferramentas.
- d) A primeira gaveta de João conterá 2 ferramentas, a segunda gaveta conterá 2 ferramentas e a terceira gaveta terá 4 ferramentas.
- e) Não sei.
- f) Não desejo responder.

Q6) O seguinte pseudocódigo, baseado em linguagem C, foi implementado em uma plataforma semelhante ao Arduino. Na função `setup` () os principais parâmetros da plataforma são configurados no momento em que a plataforma é energizada e, após executá-lo, o sistema entra na função `main` (). Sabe-se que nessa plataforma estão conectados dois sensores (um digital e um analógico) e três indicadores luminosos (LEDs), pré-configurados na função `setup` (). Ocorreram as seguintes situações, a cada vez que a plataforma foi ligada:

- 1ª situação: o sensor 1 retornou o valor inteiro 1 e o sensor 2 retornou o valor inteiro 1023.
- 2ª situação: o sensor 1 retornou o valor inteiro 1 e o sensor 2 retornou o valor inteiro 500.
- 3ª situação: o sensor 1 retornou o valor inteiro 1 e o sensor 2 retornou o valor inteiro 100.
- 4ª situação: o sensor 1 retornou o valor inteiro 0 e o sensor 2 retornou o valor inteiro 50.

```

int SENSOR_1 = 1,
    SENSOR_2 = 2,
    LED_1 = 11,
    LED_2 = 12,
    LED_3 = 13;
void setup(){
  pinMode(SENSOR_1, ENTRADA);
  pinMode(SENSOR_2, ENTRADA);
  pinMode(LED_1, SAIDA);
  pinMode(LED_2, SAIDA);
  pinMode(LED_3, SAIDA);
  digitalWrite(LED_1, LOW); //Apaga led 1
  digitalWrite(LED_2, LOW); //Apaga led 2
  digitalWrite(LED_3, LOW); //Apaga led 3
}
void main(){
  int valor_sensor1 = LeSensor(SENSOR_1); // retorna 0 ou 1
  int valor_sensor2 = LeSensor(SENSOR_2); // retorna um valor de 0 a 1023

  while(valor_sensor1) {
    if(valor_sensor2 < 100){
      digitalWrite(LED_1, HIGH); //Acende led 1
      digitalWrite(LED_2, LOW); //Apaga led 2
      digitalWrite(LED_3, LOW); //Apaga led 3
    }
    else if(valor_sensor2 < 500) {
      digitalWrite(LED_2, HIGH); //Acende led 2
      digitalWrite(LED_1, LOW); //Apaga led 1
      digitalWrite(LED_3, LOW); //Apaga led 3
    }
    else {
      digitalWrite(LED_3, HIGH); //Acende led 3
      digitalWrite(LED_1, LOW); //Apaga led 1
      digitalWrite(LED_2, LOW); //Apaga led 2
    }
  }
  digitalWrite(LED_1, LOW); //Apaga led 1
  digitalWrite(LED_2, LOW); //Apaga led 2
  digitalWrite(LED_3, LOW); //Apaga led 3
}

```

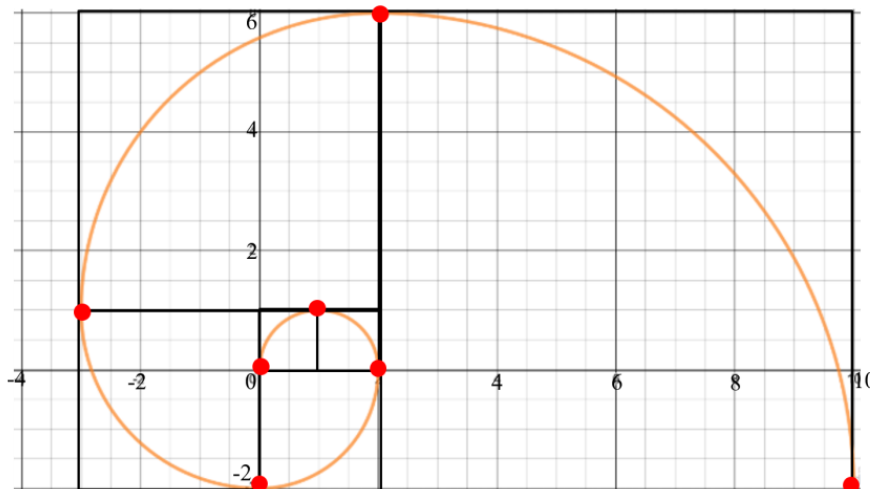
Pode-se afirmar que o estado dos LEDs em cada situação é:

- 1ª situação: LED 1 aceso. 2ª situação: LED 2 aceso. 3ª situação: LED 3 aceso. 4ª situação: Todos LEDs apagados.
- 1ª situação: LED 3 aceso. 2ª situação: LED 3 aceso. 3ª situação: LED 1 aceso. 4ª situação: Todos LEDs apagados.
- 1ª situação: LED 3 aceso. 2ª situação: LED 2 aceso. 3ª situação: LED 3 aceso. 4ª situação: LED 1 aceso.
- 1ª situação: LED 3 aceso. 2ª situação: LED 3 aceso. 3ª situação: LED 2 aceso. 4ª situação: Todos LEDs apagados.
- 1ª situação: LED 1 aceso. 2ª situação: LED 3 aceso. 3ª situação: LED 1 aceso. 4ª situação: LED 1 aceso.
- Não sei.
- Não desejo responder.

Com essa mesma intenção, a sétima e oitava questões (Q7 e Q8) estão associadas, tratando o mesmo problema, que é a Sequência de Fibonacci. Porém, em uma questão a sequência é apresentada na forma geométrica, em que o aluno deve prever a próxima coordenada; e na outra na forma de código, em que o aluno deve compreender o funcionamento das estruturas *if*, *else*, *for* das linguagens de programação.

Q7) Observando a figura, percebe-se que existe uma lógica nas coordenadas dos pontos destacados em vermelho. Qual a coordenada (x, y) do próximo ponto a ser marcado?

Obs.: o primeiro ponto marcado foi na coordenada $(0,0)$.



Q8) Dado o seguinte fragmento de código, escrito em linguagem C, qual é o valor retornado pela função `calc()` quando o valor do argumento de entrada da função for $n = 7$?

```

1 int calc(int n)
2 {
3     int anterior = 0, proximo = 1, aux, i;
4
5     if(n == 1) return 0;
6     else if(n == 2) return 1;
7     else
8     {
9         for(i = 3; i <= n; i++)
10        {
11            aux = proximo;
12            proximo = anterior + proximo;
13            anterior = aux;
14        }
15        return proximo;
16    }
17    return 13;
18 }

```

- a) 2
- b) 3
- c) 5
- d) 8
- e) 13
- f) Não sei.
- g) Não desejo responder.

Por fim, a nona questão (Q9) é a resolução de um problema computacional comum, que envolve a ideia de histerese no controle de temperatura. Nesse problema o aluno deve ser capaz de unir a capacidade de lógica e matemática com a codificação. Além de estar atento ao principal detalhe da questão, que está relacionado com a ação que deve ser tomada

quando o intervalo de temperatura medido estiver entre 20°C e 25°C. Espera-se que essa questão será resolvida corretamente apenas pelos alunos que atingiram o domínio do conteúdo de programação como um todo, ou seja, alunos que possuem um conjunto de modelos mentais estruturados e funcionais para a resolução de problemas computacionais (Nível 4).

Q9) Uma estufa deve manter sua temperatura interna entre 20°C e 25°C. Sempre que a temperatura for superior a 25, ela começa a resfriar até atingir o valor mínimo (20). Da mesma forma, quando a temperatura for inferior a 20, ela aquece até chegar ao valor máximo (25). Considere como única informação de entrada o valor da temperatura.

- Envie o código (em linguagem C) ou pseudocódigo para resolver este problema, onde mensagens podem ser usadas para mostrar a ação realizada pela estufa em um determinado instante de tempo.
- Inclua comentários com uma breve síntese da solução do problema.

Observa-se que todas as questões apresentam um contexto familiar aos alunos e que no questionário essas questões foram dispostas de maneira aleatória para não fornecer uma sequência de raciocínio para o aluno.

4. Investigação dos níveis conceituais

Com o objetivo de investigar os níveis conceituais, os quais estão associados a um conjunto de modelos mentais, construído pelos alunos, foram atribuídos cem (100) pontos ao questionário, sendo que cada questão tem um peso dada a sua importância e sua dificuldade, dado pela Tabela 1.

Tabela 1 – Pontuação atribuída a cada questão.

Pontuação	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9
Resposta correta	5	5	3	8	10	12	12	15	30
Resposta “quase” correta	-	2	-	4	5	6	-	-	15

Uma resposta “quase” correta refere-se à marcação de uma alternativa elencada na seção anterior como aquela que estaria certa caso algum detalhe da questão não fosse levado em consideração. Ou seja, essa alternativa visa indicar alunos que possuem um determinado entendimento, mas erram, por exemplo, por detalhes de lógica. Dessa forma, essas questões são pontuadas com um desconto. Além disso, as opções “Não sei” e “Não desejo responder” foram contabilizadas com a pontuação zero.

A partir do score obtido no questionário, cada aluno será enquadrado em um determinado nível, conforme os seguintes valores:

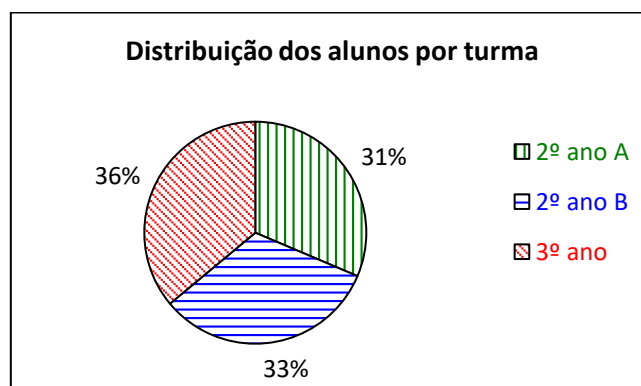
- Nível 0 (não-modelo): pontuação inferior a 20 pontos.
- Nível 1 (mecanicista): pontuação maior ou igual a 20 pontos e menor que 40.
- Nível 2 (algébrico): pontuação maior ou igual a 40 pontos e menor que 60.
- Nível 3 (algorítmico): pontuação maior ou igual a 60 pontos e menor que 80.
- Nível 4 (científico): pontuação maior ou igual a 80.

A fim de que uma combinação de questões acertadas não mascare o resultado, elencaram-se questões de ruptura de um nível a outro nível. Assim, além da pontuação obtida é necessário para o Nível 4 que o aluno consiga resolver a questão Q9, apresentando um raciocínio e uma solução adequada. Já para acessar ao Nível 3, é fundamental a resolução correta das questões relativas à codificação: Q6 e Q8. No Nível 2, coloca-se como ruptura conseguir resolver ao menos em partes, de maneira “quase” certa as questões Q4 e Q5, relativas à matemática e a lógica, respectivamente.

4.1. Estudo de caso

O questionário foi aplicado a 86 alunos do curso técnico em Automação Industrial do Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* Avançado Itabirito, que em 2020 estão matriculados no segundo e no terceiro anos do curso, distribuídos conforme o Gráfico 1. Desses alunos, apenas 18,60% manifestaram, em uma consulta realizada, terem interesse pela área de programação.

Gráfico 1 – Alunos por turma avaliada na pesquisa.



Antes de proceder com a síntese e discussão dos resultados obtidos, foi feito um levantamento das competências e níveis esperados para as turmas analisadas.

De acordo com o Projeto Pedagógico do Curso (PPC) Técnico em Automação Industrial do IFMG Itabirito, todos os conteúdos necessários à resolução das questões apresentadas estão inseridos no primeiro e no segundo ano do curso técnico. Portanto, em tese, foram apresentados ao aluno os conteúdos básicos para a correta resolução do questionário.

As duas turmas de segundos anos (2º ano A e 2º ano B) eram esperadas solucionarem corretamente as questões Q1, Q3, Q4, Q5 e Q6, isto é, no mínimo 55,60% do questionário. A questão Q7, que envolve o cálculo de coordenadas no plano Cartesiano, embora possua maior grau de complexidade, também possui resolução acessível aos alunos de segundo ano, haja vista que este tópico consta na ementa de Matemática I, vista durante o primeiro ano do curso. Neste caso, o aluno de segundo ano era esperado obter entre 38 a 50 pontos no questionário, resultados esses que o projetam entre os níveis 1 e 2 apresentados.

A única turma de terceiro ano já cursou, durante os dois primeiros anos do ensino técnico, as disciplinas de Matemática e Programação contempladas na grade, cujos tópicos estão diluídos nas questões. Desse modo, esses alunos são esperados resolverem todo o questionário, apresentando pouca ou nenhuma dificuldade, obtendo uma pontuação que os categorize entre os níveis 3 e 4 apresentados.

4.2. Resultados e discussão

Inicialmente, realizou-se a análise da pontuação obtida no questionário para cada uma das duas turmas de segundo ano. Os Gráficos 2 e 3 ilustram esse resultado.

Nos Gráficos 2 e 3, as abcissas apresentam o número identificador de cada aluno, distribuídos aleatoriamente; enquanto as ordenadas referem-se às notas obtidas no questionário. A primeira curva apresentada (Pontuação) é o valor indicativo da ordenada, isto é, o escore obtido pelo aluno. As duas outras curvas, Mínimo e Máximo, referem-se, respectivamente, às notas mínimas e máximas esperadas para os alunos dos segundos anos, considerando os conteúdos e ementas apresentadas no PPC do curso, respectivamente, 38 e 50 pontos.

Gráfico 2 – Pontuação obtida pelos alunos do 2º ano A no questionário.

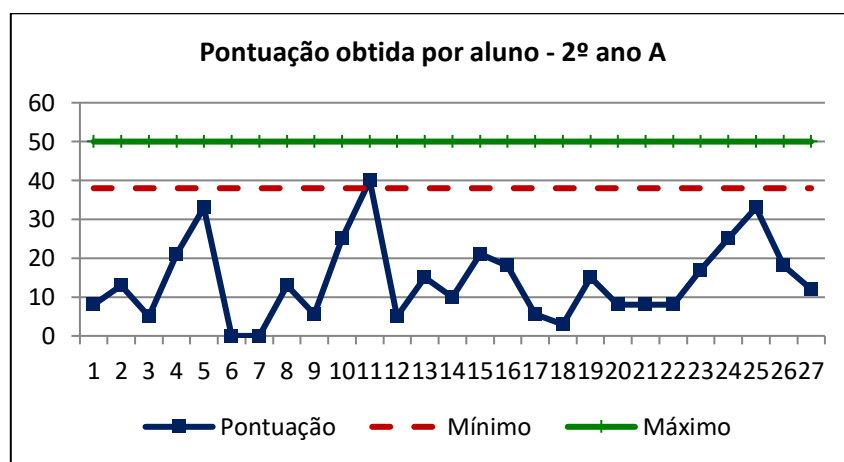
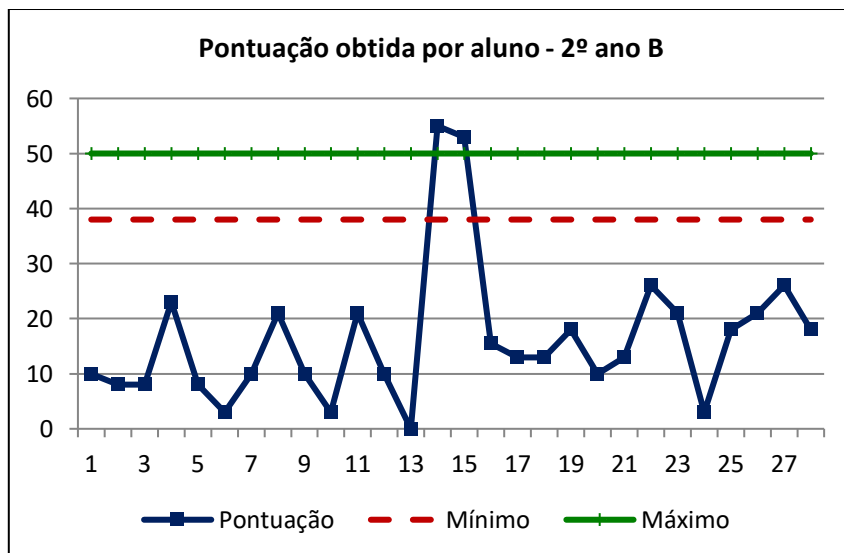


Gráfico 3 – Pontuação obtida pelos alunos do 2º ano B no questionário.



No Gráfico 2, é possível observar que apenas um aluno do 2º ano A enquadrou-se na região desejada do gráfico, enquanto os demais obtiveram nota inferior ao valor mínimo

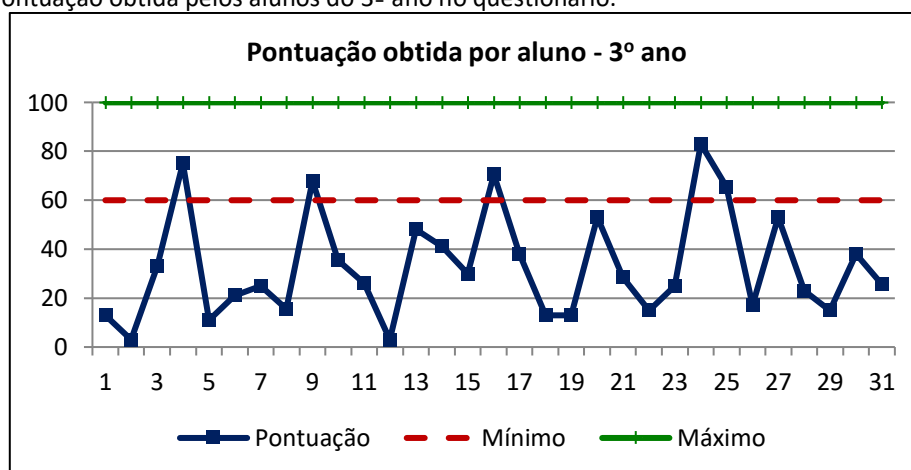
inicialmente projetado. Já no Gráfico 3, dois alunos alcançaram pontuação superior ao nível máximo projetado para seu nível de formação, enquanto os demais ficaram abaixo do mínimo delineado.

Uma vez que ambas as turmas de segundo ano cursaram as disciplinas de Matemática e Programação com os mesmos professores, conclui-se que elas tiveram acesso ao mesmo conteúdo didático e vivenciaram a mesma experiência pedagógica. A fim de comprovar que não há diferença significativa entre as médias de escores obtidas por ambas as turmas, foi realizado um teste de significância estatística com os resultados aferidos no questionário para os alunos dos segundos anos. Dessa maneira, a hipótese inicial (ou hipótese nula) é de que ambas as turmas possuem a mesma média, enquanto que a hipótese alternativa é de que estas médias são distintas e existe diferença de rendimento entre elas.

Comparando as duas amostras (turmas A e B) através do Teste T de Student bicaudal não-pareado, obteve-se um valor-p igual a 0,5031. Considerando um intervalo de confiança de 95%, a diferença entre as médias das turmas A e B resulta em 2,116, o que produz um intervalo de -4,178 a 8,410, com 53 graus de liberdade. Partindo de uma hipótese nula de que não há diferença estatística entre as médias das salas A e B, a partir do valor-p, e do valor-t obtido de 0,6742, é possível concluir de que não há significância estatística para a diferença entre as médias e, portanto, a hipótese nula se mantém válida. Dessa forma, não é necessário que ambas as turmas de segundos anos sejam analisadas separadamente.

De maneira análoga, o Gráfico 4 realiza a mesma análise de escores, porém em relação à turma de 3º ano. Como inicialmente idealizado, estes alunos possuem, teoricamente, condições de atingirem os níveis 3 e 4 apresentados. Isto faz com que um valor mínimo de 60 pontos e máximo de 100 pontos sejam esperados na pontuação de seus questionários.

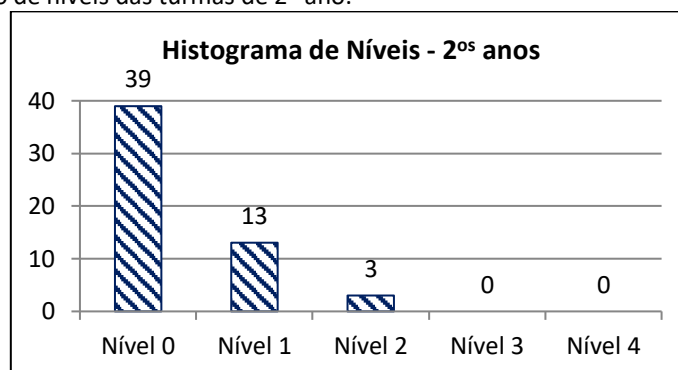
Gráfico 4 – Pontuação obtida pelos alunos do 3º ano no questionário.



Entretanto, no Gráfico 4, é possível observar que somente cinco dos trinta e um alunos de 3º ano atingiram a faixa de valores esperada, enquanto os demais ficaram abaixo do mínimo desejado.

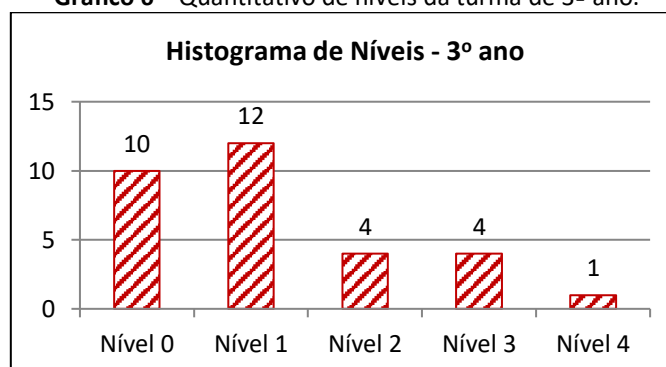
O Gráfico 5 apresenta o histograma dos níveis obtidos pelas turmas de segundos anos. Nesta análise, é possível observar que não houve alunos que atingiram os níveis 3 ou 4, embora este resultado fosse esperado para os alunos dos segundos anos. Continuamente, 70,91% dos alunos de segundos anos estão no nível 0, 23,64% estão no nível 1, e 5,45% enquadram-se no nível 2.

Gráfico 5 – Quantitativo de níveis das turmas de 2º ano.



Já o Gráfico 6 traz a quantidade de níveis obtidos pela turma de 3º ano. Neste gráfico, é possível observar que 32,26% dos alunos estão no nível 0, 38,71% estão no nível 1, a mesma porcentagem de 12,90% dos alunos nos níveis 2 e 3, e 3,23% dos alunos atingiram o nível 4.

Gráfico 6 – Quantitativo de níveis da turma de 3º ano.

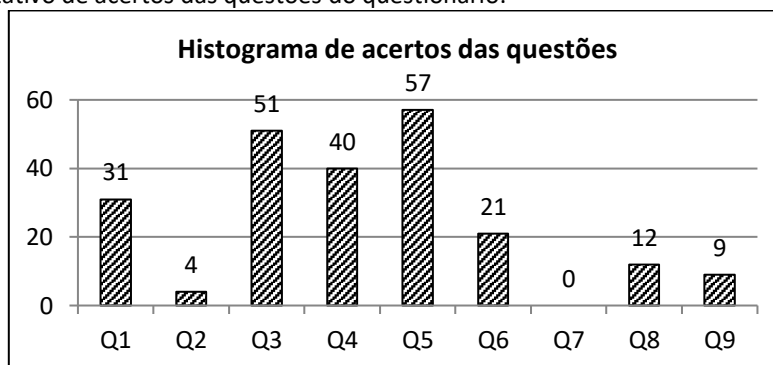


Comparando os Gráficos 5 e 6, pode-se inferir que a continuidade das disciplinas de Matemática e Programação durante o segundo ano do curso técnico contribui para a evolução dos modelos mentais que o aluno possui. Embora os resultados obtidos estejam abaixo do inicialmente idealizado, observou-se que enquanto nas turmas de segundos anos não há nenhum aluno no nível 2, nas turmas de terceiro existem 29,30% de alunos classificados nos níveis 2, 3 e 4.

De fato, aplicando o Teste T de Student para as amostras de segundo e terceiro anos, parte-se da hipótese nula de que não há diferença estatística significativa entre as médias de escores das duas turmas. A hipótese alternativa é de que existe diferença, isto é, a continuidade do curso contribuiu no rendimento dos alunos. Ao realizar os cálculos, são obtidos um valor-t de -4,9212 e um valor-p menor que 0,00001. A um nível de confiança de 95%, onde a diferença das médias é de -17,696 num intervalo de -24,847 a -10,545, com 84 graus de liberdade, nota-se que existe significância estatística entre essa diferença. Nesse caso, a hipótese nula é rejeitada em detrimento da hipótese alternativa, o que leva a concluir que os escores das turmas de segundo e de terceiro ano não apresentam o mesmo comportamento. Portanto, a suposição de que a continuidade dos estudos de Programação reflete no desempenho e na evolução dos modelos mentais dos alunos é estatisticamente válida.

A próxima análise realizada tange na quantidade de acertos das questões do questionário. O Gráfico 7 sumariza estes resultados.

Gráfico 7 – Quantitativo de acertos das questões do questionário.



Com relação à questão Q1, é interessante notar que embora este tipo de problema seja trabalhado no Ensino Fundamental quando o aluno desenvolve a noção de volume e de capacidade de recipientes, ela foi acertada por apenas 36,04% dos alunos. Por ser uma questão discursiva, modelos mentais equivocados à resposta do problema foram verificados. Cerca de 9% dos alunos apresentaram soluções empregando elementos ausentes no enunciado. Por exemplo, foram observadas respostas como “eu pego uma pedrinha e faço um risco no balde para marcar X litros”, ou “encho o balde de 5 litros até mais ou menos a sua metade”. Enquanto no primeiro caso existe a “transgressão” da solução do problema, usando de recursos não disponíveis, no segundo, não há a percepção de variação volumétrica, visto que se o balde possui qualquer inclinação em suas bordas, o volume não se mantém proporcional à altura. Portanto, conclui-se que os problemas verificados nesta questão Q1 são provenientes das falhas de formação durante o Ensino Fundamental.

A questão Q2 está relacionada à negação de predicados lógicos. O operador de negação é apresentado durante o primeiro ano de curso, na disciplina de Programação, e extensivamente usado durante o segundo ano de curso, na disciplina de Eletrônica Digital. A baixa porcentagem de acerto desta questão, da ordem de 4,65%, é atribuída, inicialmente a um problema de compreensão de seu enunciado. O aluno não foi capaz de notar que se trata da negação de predicados lógicos, ao invés da negação de uma sentença da Língua Portuguesa. Além disso, os conectivos lógicos “E” e “OU”, quando negados sob o Teorema de De Morgan, se transformam um no outro; fato este que também não foi observado/compreendido pelo aluno durante a resolução da questão.

A questão Q3 teve uma alta taxa de acertos quando comparada às demais, que foi de 59,30%. Ainda que este conteúdo de Funções Lineares tenha sido apresentado no primeiro ano do ensino técnico, diversos alunos não foram capazes de expressar as funções do problema corretamente. Uma vez que existe esta falha em compreender o modelo matemático, o aluno apresenta dificuldades em transformá-lo em um modelo algorítmico e desenvolver a sua codificação. O mesmo pode ser observado em relação à questão Q4, cuja taxa de acerto foi de 46,51%.

Embora as questões Q5 e Q6 tenham a mesma essência, que são as estruturas condicionais de uma linguagem de programação, elas possuíram, respectivamente, 66,27% e 24,41% de taxas de acertos. Aqui se observa que o aluno é capaz de seguir instruções colocadas de maneira lógica, como no caso de Q5, porém, não é capaz de extrapolar para o nível da codificação, o que é exigido por Q6. Dos alunos que possuem um modelo mental capaz de representar uma sequência de procedimentos e executar essa sequência

corretamente, menos da metade não construíram também um modelo mental capaz de abstrair completamente o problema para uma sequência de comandos computacionais. Nota-se, ainda, que uma parcela desses alunos possui uma leve abstração computacional, mas que a falta de dar importância aos detalhes do problema não os permitiram responder corretamente a questão Q6.

As questões Q7 e Q8, também interligadas em torno de uma teoria em comum, que é a Sequência de Fibonacci, tiveram, respectivamente, 0% e 13,95% de acertos. É interessante observar um processo inverso ao esperado pelo desenvolvimento do aprendizado algorítmico. Inicialmente, é esperada uma sólida formação matemática para que seja possível abstrair a nível computacional. Entretanto, o resultado obtido nestas questões é que a formulação matemática do problema parece estar além do modelo mental construído pelo aluno, enquanto a execução algorítmica soa-lhes mais familiar. Dá-se destaque que, de forma análoga à questão Q5, a execução da sequência de comandos apresentada na questão Q8 leva a resposta do problema. Neste caso, observa-se que o aluno faz uso de sua vivência prática e de um modelo mental pré-estabelecido, mas não apresenta noções de sua teoria, nem condições de trabalhar em termos formais com o mesmo assunto.

A questão Q9, que possui apenas 10,46% de acertos, combina elementos das estruturas de controle condicionais e iterativas da linguagem de programação. Por tratar-se de uma questão discursiva, analisou-se nas respostas a capacidade que o aluno teve de identificar corretamente a faixa de valores delimitada no enunciado do problema e sua capacidade de resolvê-lo adequadamente, considerando a abordagem *hardware-in-the-loop*, de um *software* embarcado. Foi possível perceber que poucos alunos foram capazes de combinar os conceitos vistos em sala de aula na resolução de um problema prático pertinente à sua área de formação, a Automação Industrial. Este fato demonstra que o aluno parece não ter um mecanismo de busca por detalhes em problema plenamente desenvolvido, o que é requisito para a evolução de seu modelo mental.

Considerações finais

Este trabalho apresentou uma investigação da percepção dos modelos mentais desenvolvidos pelos alunos durante o aprendizado da disciplina de Programação no Ensino Técnico. Tal disciplina é baseada em três fatores principais: a capacidade de pensar de forma lógica, a bagagem matemática necessária à realização de cálculos e a adequação às estruturas da linguagem de programação.

A partir destes três pontos-chaves, foram propostos níveis conceituais para identificação do nível de maturidade dos modelos mentais desenvolvidos pelos alunos e, como forma de identificação e categorização, um questionário. Este questionário combinou uma série de conceitos que vão desde a organização lógica de passos até elementos mais complexos que necessitam de maior atenção a detalhes importantes na resolução de problemas.

Os resultados obtidos mostram que as turmas investigadas se encontram em níveis conceituais abaixo daquele esperado, após terem cursado as disciplinas que dão base à resolução dos problemas apresentados. Entretanto, é importante destacar que, de uma turma de segundo ano para uma turma de terceiro ano, foi possível observar melhorias, como comprovado pelos testes estatísticos realizados.

Esta evolução dos modelos mentais trazidos pelos alunos que foi observada é atribuída à continuidade dos conteúdos disciplinares. Uma vez que o aluno continua imerso nos tópicos do curso, estes tendem a tornarem-se familiares à sua percepção, de modo que uma evolução é observada.

Como proposta de trabalhos futuros, destaca-se a avaliação dos conteúdos curriculares pelos professores das disciplinas de Matemática e Programação, de modo a buscar trabalhos integradores envolvendo ambas as disciplinas. Este alinhamento entre a teoria matemática com uma aplicação prática desenvolvida em Programação, além de possuir maior atratividade, auxilia na evolução dos modelos mentais formados pelos alunos.

Considerando que parte das falhas discentes identificadas no questionário refere-se a problemas de formação nas etapas de ensino anteriores, principalmente na interpretação dos enunciados e na formulação matemática, infere-se que a menos que estas sejam sanadas, não haverá evolução dos modelos mentais dos alunos, o que pode ser evidenciado uma vez que cerca de 32% dos alunos de terceiro ano encontram-se no nível conceitual 0 estabelecido.

Trata-se de uma mudança metodológica de vital importância, que trás à tona a seguinte reflexão: dentro do Ensino Técnico, as disciplinas propedêuticas – como a matemática – devem atender e/ou subsidiar as disciplinas técnicas? As disciplinas propedêuticas devem existir apartadas da formação técnica?

Independentemente de como as questões acima sejam respondidas, se “sim” ou “não”, deve-se levar em consideração as características dos chamados Cursos Técnicos Integrados à Formação Média. Eles não são cursos médios comuns e tampouco são cursos técnicos subsequentes, sendo necessário compreender o significado da formação técnica integrada, de modo a enaltecer a qualidade não somente das disciplinas vistas no curso, como da formação integrada do estudante.

Referências

- Borges, A. T. (1999). Como evoluem os modelos mentais. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 1 (1), 66-92.
- Craik, K. J. W. (1943). *The nature of exploration*. Cambridge: University Press.
- Dupuy, J.-P. (1994). *Aux origines des sciences cognitives*. Paris: La Découverte.
- Duque, T. O., Paula, F. S., Santos, H. M. & Vieira Jr., N. (2015). Falhas nas avaliações tradicionais em diversos níveis de escolaridade: um estudo envolvendo tópicos de matemática financeira através de níveis e subníveis de modelos mentais. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 15 (2), 427-452.
- Gardner, H. (2003). *A nova ciência da mente*. São Paulo: Editora USP.
- Johnson-Laird, P. (1983). *Mental models*. Cambridge: Harvard University Press.
- Moreira, M. A. & Pinto, A. O. (2003). Dificuldades dos alunos na aprendizagem da Lei de Ampère à luz da teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(3), 317-325.
- Moreira, M. A., Soares, S. & Paulo, I. C. (2008). Mapas conceituais como instrumento de avaliação em um curso introdutório de mecânica quântica. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 1(3), 1-12.
- Pinto, C. M. (2019). A escola ensina os seres humanos a pensar, mas somos todos ciborgues. *Ciências & Cognição*, 24(2), 265-275. Acesso em: 19 dez 2021. Disponível em: <<http://cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/1557>>



- Teixeira, J. F. (1998). *Mentes e máquinas: uma introdução à ciência cognitiva*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- Vieira Jr., N. (2012). *Planejamento de um ambiente virtual de aprendizagem baseado em interfaces dinâmicas e uma aplicação ao estudo de potência elétrica*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, SP.
- Vieira Jr., N. & Colvara, L. D. (2010). Os modelos mentais de frações: como universitários lidam com conceitos fundamentais de matemática? *Ciências & Cognição*, 15(1), 137-154. Acesso em 19 dez 2021. Disponível em <<https://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/273>>
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4 (1), 45-69.