

ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA EM UMA PRÁTICA DE MODELAGEM NAS CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

SCIENTIFIC LITERACY IN A MODELING PRACTICE IN SCIENCE AND MATHEMATICS

ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA EN UNA PRÁCTICA DE MODELADO EN CIENCIAS Y MATEMÁTICAS

Valquiria Ottonelli Hanauer *  

Danusa de Lara Bonotto **  

RESUMO

Este artigo versa sobre Modelagem nas Ciências e Matemática (MCM) e Alfabetização Científica (AC) e objetiva apresentar resultados de pesquisa qualitativa, cuja questão norteadora consiste em responder: como a realização de uma prática pedagógica de MCM, pelo viés da Investigação-Formação-Ação (IFA), contribui para o desenvolvimento da AC? Desse modo, esta pesquisa tem o olhar voltado para a produção dos alunos a partir da materialização do processo de modelagem na sala de aula e para a prática de uma professora pesquisadora. Os sujeitos da pesquisa são 12 alunos do nível médio de ensino de uma escola da rede estadual localizada no município da região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul e a constituição dos dados deu-se mediante o desenvolvimento da prática de MCM. O *corpus* de análise consiste no registro escrito dos alunos, diários das aulas da professora pesquisadora e das professoras colaboradoras, assim como a gravação de uma aula que foi transcrita. A análise seguiu os procedimentos da Análise de Conteúdo. Os resultados evidenciam que os indicadores da AC identificados com maior frequência são: organização e classificação de informações, e, na sequência, raciocínio lógico, justificativa e explicação. Assim, é possível inferir que práticas pedagógicas de MCM favorecem o desenvolvimento de habilidades características de uma pessoa cientificamente alfabetizada. Entretanto, é necessário que os professores tenham consciência sobre tais indicadores, a fim de que estes possam ser contemplados em seu planejamento e, portanto, os elementos teóricos e metodológicos da MCM e AC devem ser discutidos na formação de professores.

Palavras-chave: Práticas pedagógicas. Ensino de Ciências. Ensino de Matemática. Alfabetização Científica. Modelagem.

ABSTRACT

This article discusses Modeling in Science and Mathematics (MSM) and Scientific Literacy (SL) and aims to present qualitative research results, whose guiding question is: how does the implementation of an MSM pedagogical practice, through the lens of Investigation-Training-Action (ITA), contribute to the development of SL? Thus, this research focuses on the students' production based on the materialization of the modeling process in the classroom and the practice of a teacher-researcher. The

* Mestre em Ensino de Ciências (PPGEC) pela Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS). Professora de Matemática da Rede Pública de Ensino Estadual e Municipal, São Martinho, Rio Grande do Sul, Brasil, CEP: 98690-000. E-mail: valquiria.ottonelli@gmail.com.

** Doutora em Educação em Ciências e Matemática. Professora da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Cerro Largo, Rio Grande do Sul, Brasil. Endereço para correspondência: Rua Vinte de Setembro, nº 3034, Santiago, Rio Grande do Sul, Brasil, CEP: 97709-200. E-mail: danusalb@uffs.edu.br.

subjects of the research are 12 high school students from a state school located in a municipality in the Northwest region of the State of Rio Grande do Sul, and the data was collected through the development of the MCM practice. The analysis corpus consists of the students' written records, the diaries of the classes by the researcher teacher and the collaborating teachers, as well as the recording of a class that was transcribed. The analysis followed the procedures of Content Analysis. The results show that the indicators of AC identified most frequently are: organization and classification of information, followed by logical reasoning, justification, and explanation. Thus, it is possible to infer that MCM pedagogical practices favor the development of skills characteristic of a scientifically literate person. However, it is necessary for teachers to be aware of such indicators so that they can be included in their planning, and therefore, the theoretical and methodological elements of MCM and AC should be discussed in teacher training.

Keywords: Pedagogical practices. Science teaching. Mathematics teaching. Scientific literacy. Modeling.

RESUMEN

Este artículo versa sobre Modelado en Ciencias y Matemáticas (MCM) y Alfabetización Científica (AC) y tiene como objetivo presentar resultados de una investigación cualitativa, cuya cuestión orientadora consiste en responder: ¿cómo la realización de una práctica pedagógica de MCM, a través del enfoque de Investigación-Formación-Acción (IFA), contribuye al desarrollo de la AC? De este modo, esta investigación tiene la mirada centrada en la producción de los alumnos a partir de la materialización del proceso de modelado en el aula y en la práctica de una profesora investigadora. Los sujetos de la investigación son 12 alumnos del nivel medio de enseñanza de una escuela de la red estatal ubicada en el municipio de la región Noroeste del Estado de Rio Grande do Sul y la constitución de los datos se llevó a cabo mediante el desarrollo de la práctica de MCM. El corpus de análisis consiste en el registro escrito de los alumnos, diarios de las clases de la profesora investigadora y de las profesoras colaboradoras. El análisis siguió los procedimientos del Análisis de Contenido. Los resultados evidencian que los indicadores de la AC identificados con mayor frecuencia son: organización y clasificación de información, y, en segundo lugar, razonamiento lógico, justificación y explicación. Así, es posible inferir que las prácticas pedagógicas de MCM favorecen el desarrollo de habilidades características de una persona científicamente alfabetizada. Sin embargo, es necesario que los profesores tengan conciencia sobre tales indicadores, a fin de que estos puedan ser contemplados en su planificación y, por lo tanto, los elementos teóricos y metodológicos de la MCM y AC deben ser discutidos en la formación de profesores.

Palabras clave: Prácticas pedagógicas. Enseñanza de las Ciencias. Enseñanza de las Matemáticas. Alfabetización científica. Modelado.

1 INTRODUÇÃO

Os processos de ensino e de aprendizagem materializam-se na sala de aula, a partir das interações estabelecidas entre alunos e professores. Nesse cenário, o papel do professor consiste em conduzir e orientar os alunos para que compreendam os conceitos que estão sendo estudados. Nesse sentido, acreditamos no potencial do desenvolvimento de práticas pedagógicas de Modelagem nas Ciências e Matemática (MCM) como um meio de tratar problemas do contexto dos alunos e significar os conceitos abordados na escola.

Ao pensar na escola e na sua função, há de se destacar o compromisso com a formação e o desenvolvimento humano em todas as suas dimensões e considerar, de acordo com Maldaner (2014), o fato de que a aprendizagem científico-escolar tem chance de acontecer se os conhecimentos históricos de uma ciência fazem sentido para o aluno e para o professor.

Ao planejar sua prática pedagógica, o professor deve considerar o contexto, as características dos seus alunos e a realidade local na perspectiva de que possam compreendê-la à luz dos conhecimentos científicos com o propósito de transformá-la. Para tal, os fundamentos da MCM podem orientar o desenvolvimento da prática do professor e constituírem-se em aliados para contextualizar os conteúdos curriculares e abordar situações problemáticas do contexto dos alunos, permitindo a formulação de problemas, a negociação e a defesa de ideias e de pontos de vista, assim como a tomada de decisões conscientes. Para Schultz e Bonotto (2021), as práticas de MCM favorecem o desenvolvimento da Alfabetização Científica (AC), pois apresentam elementos que envolvem os alunos em problemas do seu contexto social, estimulando o interesse, a curiosidade científica de modo interdisciplinar a fim de compreender e interpretar o seu cotidiano e tomar decisões responsáveis.

Propomos o desenvolvimento desta pesquisa, que consiste num convite para repensar a prática pedagógica a partir da inserção dos fundamentos da MCM na sala de aula. Posto isso, investimos na proposição da Investigação-Formação-Ação (IFA) como um modelo de autoformação do professor ao compreendê-lo como pesquisador de sua prática e produtor de conhecimentos visando ressignificar o trabalho educativo por meio da reflexão crítica.

O desenvolvimento de práticas pedagógicas pautadas na MCM favorece contextos interdisciplinares e disso depreende que a colaboração de professores de outras áreas do conhecimento, de modo especial nesta pesquisa, da área Ciências da Natureza, amplia a compreensão dos temas que são estudados.

Sendo assim, a questão norteadora que se apresenta consiste em responder: como a realização de uma prática pedagógica de MCM, pelo viés da Investigação-Formação-Ação (IFA), contribui para o desenvolvimento da AC? De modo específico, buscamos contemplar elementos dos três eixos da AC de Sasseron e Carvalho (2011), identificar os indicadores do desenvolvimento da AC a partir da prática de MCM realizada e discuti-los a partir dos três eixos estruturantes apresentados pelas autoras. Desse modo, esta pesquisa tem o olhar voltado para a produção dos alunos a partir da materialização do processo de modelagem na sala de aula e para a prática de uma professora pesquisadora. Para tal, organizamos este texto, apresentando os fundamentos da MCM, a partir de Biembengut (2016), e também os elementos do

desenvolvimento da AC, com base em Sasseron e Carvalho (2008), Ferraz e Sasseron (2017), Sasseron e Orofino (2025) e considerando que o desenvolvimento da AC é resultado de uma intencionalidade pedagógica (Silva; Sasseron, 2021).

1.1 Modelagem nas Ciências e Matemática e o Desenvolvimento da Alfabetização Científica

Ao pensar em atividades de natureza investigativa, uma abordagem de ensino que tem se mostrado promissora é a MCM, visto que seus pressupostos abarcam aspectos relacionados à investigação, experimentação, obtenção de dados, formulação de hipóteses, validação de resultados e comunicação.

De acordo com Biembengut (2016), o processo de elaboração de modelos – modelagem, ao ser adaptado para o Ensino de Ciências e Matemática, é compreendido como um método de ensino com pesquisa que a autora denomina de Modelagem na Educação ou Modelação. O processo de modelagem está relacionado com a produção do conhecimento científico e, assim, pode propiciar um ensino com pesquisa, de modo a formar alunos mais aptos a buscarem e a sistematizarem o conhecimento cientificamente mais alfabetizados. Corroboram com o exposto Justi e Erduran (2015), ao considerarem o processo de modelagem como uma prática epistêmica da Ciência que inclui não apenas a produção, mas também a validação e a utilização de modelos.

Para Justi e Erduran (2015), os modelos constituem-se em produtos da Ciência e favorecem a visualização de entidades abstratas, fundamentam a proposição de explicações, inferências, previsões e simulações, e dão suporte para a elaboração e/ou ampliação de teorias. Já para Biembengut (2016), um modelo matemático é uma representação de um fato, fenômeno que se dá por meio da linguagem matemática.

Reconhecemos, a partir da reflexão sobre a prática, que quando o aluno necessita utilizar os conhecimentos matemáticos em outras áreas, nem sempre consegue estabelecer relações entre elas. Por exemplo, quando o professor de Química apresenta situações-problema que exigem conhecimentos matemáticos, muitas vezes o aluno não consegue lembrar ou estabelecer relações com o que é estudado em Matemática. Uma possível explicação para isso é o fato de o ensino ser fragmentado e desconectado da realidade dos alunos, desmotivando-os.

Sob essa perspectiva, acreditamos que o professor, ao inserir a MCM na sala de aula, favorece o estabelecimento de relações entre as diferentes áreas do conhecimento de forma interdisciplinar e contextualizada. Ao considerar o contexto no qual o aluno está inserido, é

possível ajudá-lo a compreender a sua realidade e agir sobre ela. Nesse contexto, Bassanezi (2010, p. 31) afirma que a modelagem permite “[...] participar do mundo real com capacidade de influenciar em suas mudanças”.

Os procedimentos da MCM, segundo Biembengut (2016), estão agrupados em três fases, não disjuntas, denominadas de: 1) percepção e apreensão; 2) compreensão e explicitação; 3) significação e expressão.

A primeira fase, denominada percepção e apreensão, inicia o procedimento com a escolha do tema e a familiarização com o assunto. Nessa etapa, é delineada a situação que se pretende investigar. Para tal, buscam-se informações de modo direto (por meio de atividades experimentais) ou de modo indireto (livros, revistas especializadas, artigos científicos, pesquisas desenvolvidas na área). Na medida em que acontece a familiarização com o tema escolhido, surgem as situações-problema. O tema pode ser escolhido pelos alunos ou sugerido pelo professor.

A segunda fase, compreensão e explicitação, envolve a formulação do problema e do modelo e a explicitação da resolução do problema a partir do modelo. É nessa etapa que são exigidos os conhecimentos não apenas de Matemática e Ciências, como também os relacionados à situação-problema investigada. Para tal, é necessário saber classificar as informações relevantes, selecionar as variáveis e os símbolos que serão utilizados e descrever as relações percebidas por meio de um modelo. Uma vez encontrado o modelo, resolve-se a situação-problema a partir dele.

A terceira fase, significação e expressão, ocupa-se de interpretar e avaliar os resultados, verificando sua validade. Destacamos que o modelo pode ser expresso de diferentes formas por meio de maquetes, desenhos, textos, relação funcional, gráficos, mapas conceituais, dentre outras representações. Em seguida, expressa-se todo o processo a outros (estudantes, professores, comunidade), utilizando as diferentes formas de representação.

A partir da apresentação das etapas da Modelagem, podemos reconhecer que, ao inserir a MCM na sala de aula, a prática docente está pautada na pesquisa, a qual oportuniza a cada aluno: entender uma situação e seu respectivo contexto; conhecer as linguagens envolvidas – especialmente as da Matemática e/ou das Ciências – e desenvolver a capacidade de descrever, representar, resolver e interpretar os resultados dentro desse contexto. Ao aprender a arte de modelar e pesquisar, são incentivados a descobrir interesse por áreas específicas do conhecimento, reconhecendo nesses conteúdos fundamentos significativos para sua formação.

Reconhecemos que práticas de MCM podem contribuir com o desenvolvimento da AC, uma vez que os alunos desenvolvem habilidades para solucionar problemas em diferentes áreas do conhecimento, utilizando a linguagem das Ciências e da Matemática para compreender a realidade e, quiçá, transformá-la. Para Silva e Sasseron (2021, p. 15), a AC propõe fundamentos para que o sujeito se aproprie de aspectos “internos e externos à atividade científica – como o domínio de conhecimentos, tecnologias, formas de pensar e de conduzir investigações – além de compreender as interações entre ciência e sociedade, favorecendo seu engajamento crítico e sociopolítico”.

Para as autoras supracitadas, o desenvolvimento da AC permite aos alunos interagir com uma nova cultura, uma nova forma de ver o mundo e seus acontecimentos, de maneira mais consciente e crítica. Essas autoras apresentam três eixos estruturantes da AC: O primeiro eixo refere-se à compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais. O segundo preocupa-se com a compreensão da epistemologia das Ciências Naturais e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática. O terceiro eixo estruturante compreende o entendimento das relações existentes entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente - CTSA. A partir dos Eixos Estruturantes da AC, as autoras propõem Indicadores de AC, os quais devem ser contemplados no planejamento de práticas pedagógicas que almejam seu desenvolvimento. Estes eixos estruturantes foram revisados por Silva e Sasseron (2021), a partir da compreensão da aprendizagem de Ciências como prática social e da AC explicitamente voltada à transformação social.

Para reconhecer evidências do desenvolvimento da AC na sala de aula, Sasseron e Carvalho (2008) assinalam indicadores, organizados em três grupos (Quadro 1), aos quais o professor deve atentar quando tem a intenção de alfabetizar cientificamente os alunos.

Quadro 1 – Indicadores do desenvolvimento da AC

Indicadores	Explicação
Seriação de informações	É um indicador que não necessariamente prevê uma ordem a ser estabelecida, mas pode ser um rol de dados, uma lista de dados trabalhados.
Organização de informações	Ocorre nos momentos em que se discute sobre o modo como um trabalho foi realizado. Este indicador pode ser vislumbrado quando se busca mostrar um arranjo para informações novas ou já elencadas anteriormente.
Classificação de informações	Constitui-se em um momento de ordenação dos elementos com os quais se está trabalhando, procurando uma relação entre eles.
Raciocínio lógico	Compreende o modo como as ideias são desenvolvidas e apresentadas e está diretamente relacionado à forma como o pensamento é exposto.

Raciocínio proporcional	Mostra como se estrutura o pensamento e refere-se também à maneira como variáveis têm relações entre si, ilustrando a interdependência que pode existir entre elas.	científico e relações entre dados e conclusões.
Levantamento de hipótese	São suposições acerca de certo tema. Está ligado à obtenção de dados e delimitação de variáveis.	Estão ligados à procura do entendimento da situação analisada.
Teste de hipótese	Coloca à prova as suposições anteriormente levantadas.	
Justificativa	Surge quando em uma afirmação qualquer proferida lança mão de uma garantia para o que é proposto.	Estão ligados à procura do entendimento da situação analisada, ao entrecruzamento de variáveis e informações e construção de conclusões.
Previsão	Quando se afirma uma ação e/ou fenômeno que sucede associado a certos acontecimentos.	
Explicação	Surge quando se busca relacionar informações e hipóteses já levantadas.	

Fonte: Organizado pelas autoras a partir de Sasseron e Carvalho (2008, p. 338-339); Ferraz e Sasseron (2017).

Os indicadores aqui apresentados podem se manifestar conjuntamente no discurso em sala de aula, não são independentes e possuem relação com os eixos estruturantes da AC. No caso dos indicadores de seriação, organização e classificação estão associados ao eixo compreensão de termos conhecimentos e conceitos científicos fundamentais. Já os indicadores de raciocínio lógico e proposicional estão associados ao segundo eixo e remetem à capacidade de pensar de forma estruturada, coerente e baseada em argumentos lógicos. Envolve saber analisar causas e consequências, identificar contradições ou incoerências e construir explicações fundamentadas, ou seja, trata-se de saber verificar a validade e a confiabilidade de um conhecimento, considerando critérios epistêmicos e sociais. Já os indicadores de levantamento e teste de hipótese, justificativa e explicação estão associados ao terceiro eixo estruturante e remetem ao entendimento de um experimento, de uma leitura investigativa ou de uma demonstração (Sasseron; Machado, 2017).

A inserção de práticas de MCM na sala de aula favorece o desenvolvimento da autonomia dos alunos, além do desenvolvimento de posicionamentos mais críticos frente à realidade em que estão inseridos. Desse modo, compreendemos que a escola necessita ser um espaço de inclusão e promoção do desenvolvimento de pessoas e da sociedade, e esse aspecto deve ser constituinte de sua ação formadora, na qual o professor tem papel muito importante.

A perspectiva da IFA é assumida nesta pesquisa a partir da compreensão de que os professores são considerados pesquisadores de sua própria prática. Por isso, a investigação da ação é adotada como “um mecanismo de formação dos professores pautado em processos reflexivos” (Gülich, 2012, p. 219). Ou seja, a IFA contribui para a melhoria da prática, a partir da reflexão crítica sobre ela e, nesta pesquisa, a partir da intencionalidade do desenvolvimento da AC por meio de uma prática de MCM.

Desse modo, procuramos nesta pesquisa compreender como uma prática de MCM, planejada na perspectiva da IFA, com a colaboração de professores de Química e Biologia, favorece o desenvolvimento da AC dos alunos e, para tal, buscamos reconhecer os indicadores do desenvolvimento da AC a partir da prática de MCM realizada.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Ao considerar o objetivo desta pesquisa, caracterizamos a mesma como sendo de natureza qualitativa, e, de acordo com Bogdan e Biklen (2013), preocupa-se com a compreensão detalhada dos significados e das características de situações apresentadas pelo pesquisador, o qual é o principal responsável por constituir os dados.

Os sujeitos da pesquisa são 12 alunos do 1º ano do Ensino Médio de uma escola pública da rede estadual, localizada no município de São Martinho/RS. Os alunos são nominados por A1, A2, ..., A12, a fim de preservar suas identidades. A escolha da turma e da escola estão relacionadas ao ambiente de trabalho da pesquisadora, a qual é designada por P no decorrer deste texto. A constituição dos dados deu-se mediante o desenvolvimento de uma prática pedagógica, desenvolvida pelo viés da IFA e fundamentada nos pressupostos da MCM.

De acordo com Alarcão (2011, p. 53), “por processos de observação e reflexão, a experiência é analisada e conceptualizada. Os conceitos que resultam deste processo de transformação servem, por sua vez, de guias para novas aprendizagens”. Desse modo, a IFA abrange a constituição do professor pesquisador e a compreensão “de que a investigação da ação é um mecanismo de formação dos professores pautado em processos reflexivos” (Gülich, 2012, p. 219).

Para Alarcão (2011), a IFA se desenvolve por meio de ciclos numa espiral autorreflexiva que perpassam: problema, observação, reflexão, planificação e ação. Assim, a partir de um *problema* advindo do contexto de trabalho da pesquisadora, o qual consiste em encontrar estratégias metodológicas para o desenvolvimento dos conteúdos programáticos que considerem o contexto dos alunos de modo a favorecer aprendizagens com significado. Esse movimento de problematização traz consigo a *observação* e a *reflexão* da professora pesquisadora acerca da sua prática pedagógica e possibilita adentrar um outro ciclo da espiral autorreflexiva que consiste no *planejamento* da ação. Assim, “compreendido o problema, urge planificar a solução de ataque e pô-la em execução, para em seguida, se observar o que resulta da experiência” (Alarcão, 2011, p. 53).

O planejamento foi realizado de modo interdisciplinar em hora-atividade na escola pela professora pesquisadora com a colaboração das professoras de Biologia e Química. O tema da prática de MCM está vinculado ao custo de produção de chocolates e à discussão dos benefícios e dos malefícios para a saúde humana.

A opção pela escolha do tema aconteceu considerando que os alunos da faixa etária do 1º ano do Ensino Médio gostam de chocolate, desse modo, o tema poderia despertar o interesse dos alunos. Durante o planejamento, decidimos que os alunos seriam organizados em grupos para o desenvolvimento de todas as atividades. Optamos pelo trabalho em grupo, visto que favorece a troca de conhecimento entre os alunos, já que podem exercitar a capacidade de negociação, de tomada de decisões e desenvolvimento da capacidade argumentativa.

Cada grupo ficou responsável por uma temática: Grupo 1 (valores nutricionais do chocolate), composto pelos alunos A2, A11, A7 e A10; Grupo 2 (benefícios e malefícios para o homem), composto pelos alunos A9, A6, A3 e A5; e Grupo 3 (estudo do cacaueiro), composto pelos alunos A1, A8, A12 e A4. Uma vez realizado o planejamento, adentramos em um novo ciclo da espiral autorreflexiva: a *ação* que envolve a materialização do processo de MCM na sala de aula. O Quadro 2 denota a síntese do planejamento e do desenvolvimento da prática de MCM com os alunos:

Quadro 2 – A ação da espiral autorreflexiva

Etapas da MCM	Tema: Chocolate Problema: Como se estabelece a relação custo x benefício referente ao consumo do chocolate?		
	Matemática	Biologia	Química
Percepção e apreensão	Reconhecimento das compreensões iniciais dos alunos sobre a origem do chocolate. Leitura e interpretação do texto. Vídeo sobre “como é a produção de chocolates artesanais”. Diálogo e reflexão escrita. Problema: Qual o custo de produção de uma unidade de chocolate, considerando diferentes formatos?	Buscar informações sobre os tipos de chocolates, valores nutricionais, benefícios e problemas: Quais os benefícios e malefícios do consumo de chocolate para o organismo humano?	Texto informativo e reflexivo sobre a composição química do chocolate. Problema: Qual é ação e o efeito das substâncias químicas do chocolate no organismo humano?
Compreensão e explicitação	Estudo do custo dos produtos para a fabricação do chocolate.	Estudo do cacau: nome científico, tipo de fruto, flor, característica da planta, informações gerais da planta, reprodução, tipo de célula.	Ação e efeito das substâncias químicas; estudo dos tipos de chocolate e suas interpretações químicas; representação e interpretações das substâncias químicas.

	Fabricação do chocolate e da embalagem.	Fabricação do chocolate e da embalagem.	Fabricação do chocolate e da embalagem.
Significação e expressão	Representação do custo de fabricação das unidades de chocolate.	Organização para a socialização: valor nutricional, estudo do cacaueiro, benefícios e malefícios.	Organização para a socialização.
	Seminário de socialização; representação dos alunos sobre a atividade desenvolvida.	Seminário de socialização.	Seminário de socialização.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2025).

O *corpus* de análise desta pesquisa é constituído pelos registros escritos dos alunos, pelo material gravado da aula que foi desenvolvida com a colaboração das professoras de Biologia e Química e, também pelo diário de aula da professora pesquisadora. Cabe destacar que a produção de diários é assinalada por Alarcão (2011) como uma estratégia do desenvolvimento da capacidade de reflexão do professor que se desenvolve durante a constituição de toda a espiral autorreflexiva.

A análise dos dados segue os procedimentos da Análise de Conteúdo de Bardin (2016). Essa abordagem metodológica propõe três etapas e, a seguir, descrevemos cada uma delas considerando como elas se desenvolveram nesta pesquisa:

- a pré-análise, a qual consiste em leituras, formulação das hipóteses e dos objetivos, constituição do *corpus* da pesquisa e da preparação do material; nessa etapa digitalizamos: o diário da professora pesquisadora referente a cada um dos encontros; o material produzido pelos alunos de modo individual e em grupo e transcrevemos a aula desenvolvida em parceria com a professora de Química e Biologia;
- a exploração do material, na qual é realizada a identificação do *corpus*, também chamada de codificação; nessa etapa também são escolhidas as unidades de registro e de contexto, visando a categorização; para tal, recorremos à construção de episódios constituídos no nível semântico, a partir dos indicadores do desenvolvimento da AC apresentados anteriormente; utilizamos o seguinte código para apresentar as unidades de contexto:
 - DP-E1: diário da professora pesquisadora referente ao Encontro 1 e, assim, para os demais encontros;
 - DP-E1 (A1): fala do aluno 1 registrada no diário da professora pesquisadora referente ao Encontro 1 e, assim, para os demais alunos;

- DPQ: diário da professora de Química;
 - DPB: diário da professora de Biologia;
 - RI-E6 (A4): registro individual escrito pelo aluno A4 no Encontro 6 e, assim, para os demais alunos e encontros;
 - RG1-E8: registro do Grupo 1, referente ao Encontro 8 e, assim, para os demais grupos e encontros;
 - EP1: Episódio 1 e assim para os demais. Os episódios apresentam as unidades de contexto.
- c) o tratamento dos resultados obtidos e a interpretação, no qual é realizada a seleção e a descrição dos resultados; nessa etapa confrontamos os episódios selecionados e realizamos a interpretação à luz dos indicadores da AC e do referencial teórico utilizado:
- RG1-E8: registro do Grupo 1, referente ao Encontro 8 e, assim, para os demais grupos e encontros.

A partir da análise realizada emergiram três categorias e episódios que serão apresentados no Quadro 3:

Quadro 3 – As categorias e os episódios (unidades de contexto)

Categorias iniciais	Categorias emergentes	Episódios	Etapa da MCM
Leitura e interpretação do texto	Leitura e interpretação de informações.	EP1 e EP2.	Percepção e apreensão.
Vídeo			
Divisão do chocolate			
Produção do chocolate	Produção do chocolate e das embalagens.	EP3, EP4 e EP5.	Compreensão e explicitação.
Produção das embalagens			
Custo de produção	Modelo matemático e sistematização.	EP6.	Significação e expressão.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2025).

Toda a pesquisa foi realizada de modo a atender os princípios éticos com seres humanos, mantendo sigilo e anonimato. Como os alunos participantes são menores de idade, solicitamos a autorização dos pais para a participação da pesquisa por meio do Termo de Assentimento dos alunos e do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido dos responsáveis pelos alunos. Ainda solicitamos a Declaração de Ciência e Concordância da Coordenadoria Regional de Educação na qual a escola está inserida. O projeto desta pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) nº 63234522.2.0000.5564.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Análise de Conteúdo desenvolvida permitiu a emergência de três categorias: 1) leitura e interpretação de informações; 2) produção do chocolate e das embalagens; 3) modelo matemático e sistematização. Essas categorias perpassam pelas etapas do processo de MCM, articulam aos três eixos estruturantes e contemplam indicadores da AC. Os indicadores são apresentados em seis episódios, denotados por EP1, EP2, ..., EP6. Destacamos que por vezes, os indicadores se repetem durante a análise realizada, principalmente os indicadores de organização e classificação de informações, visto o propósito epistêmico de retomar informações e dados e problematizar a temática – retornar e problematizar (Ferraz; Sasseron, 2017). Assim, quando os alunos buscaram informações no texto ou no vídeo, os indicadores de informação estão presentes. Quando se propõe um problema ou se problematiza uma situação os demais indicadores podem ser evidenciados.

3.1 Leitura e Interpretação de Informações

A primeira categoria, denominada *leitura e interpretação de informações*, é constituída pelos episódios EP1 e EP2, os quais fazem parte da primeira etapa do processo de MCM, percepção e apreensão, a qual envolve a apresentação do tema de estudo aos alunos e a situação-problema a ser resolvida. Para favorecer a interação com o tema e despertar o interesse dos alunos, no EP1, a pesquisadora apresenta um texto¹ aos alunos que trata do consumo do chocolate pelos brasileiros. Durante a leitura do texto, a professora pesquisadora realiza questionamentos referentes ao consumo de chocolate pelos alunos e pelos brasileiros de modo geral; o que eles sabem sobre o chocolate; sua origem e os tipos. O EP1, apresentado no Quadro 4, denota o reconhecimento dos indicadores da AC na primeira etapa do processo de MCM:

¹Disponível em: <https://blog.betway.com/pt/cassino/dia-do-chocolate-como-o-brasileiro-consume-chocolate/>. Acesso em: 02 set. 2025.

Quadro 4 – Episódio 1 e os indicadores da AC na 1^a etapa da MCM – leitura e interpretação de informações – texto

Código	Unidade de contexto	Indicadores
DP-E1	Questionamentos desenvolvidos pela professora na primeira etapa do processo de MCM: - Vocês já pararam para pensar como o brasileiro come chocolate? - De onde vem o chocolate? - Onde podemos encontrar o chocolate? - Qual a quantidade de chocolate consumida por uma pessoa? - Será que as pessoas têm em sua lista de compras chocolate? - Qual a quantidade de chocolate consumida pelas pessoas diariamente, semanalmente e anualmente?	
DP-E1	Então, a partir do gráfico perceberam que a maioria das pessoas não come chocolate todos os dias, como também que mais da metade das pessoas comem chocolate como sobremesa; que o chocolate ao leite é o “queridinho”, o mais consumido; e o menos consumido é o amargo. Nesse momento questionei: Por que será?	Organização de informações; classificação de informações; explicação.
DP-E1 (A3)	Porque o chocolate ao leite é o mais doce.	Levantamento de hipótese; explicação.
DP-E1 (A7)	Porque o amargo possui mais cacau, é mais caro e, também não é bom.	Organização de informações; classificação de informações.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2025).

O texto que a professora pesquisadora utilizou, apresentava dados referentes ao percentual de consumo diário, mensal, semanal ou esporádico; em que situações o chocolate é consumido e qual é o tipo mais consumido, bem como a marca mais consumida pelos brasileiros. Foi necessário que os alunos organizassem as informações contidas no texto e confrontassem as informações. Assim, os alunos leram e interpretaram os dados apresentados e *classificaram as informações*, procurando estabelecer relações entre elas, uma *explicação*.

Na passagem apresentada em DP-E1 (A3), “*Porque o chocolate ao leite é o mais doce*”, destacamos que as informações nutricionais do chocolate não estavam apresentadas no texto. Assim, o argumento produzido pelo aluno apresenta uma explicação baseada numa hipótese que advém de suas compreensões iniciais, ou seja, o chocolate ao leite é o mais consumido porque é o mais doce. No entanto, esse argumento não possui validade no contexto apresentado. Assim sendo, foi possível discutir com os alunos que as explicações devem estar pautadas nos dados apresentados e que as hipóteses que se evidenciam devem ser testadas e validadas por meio de estudos científicos, evidenciando vínculo com o segundo eixo estruturante que trata de aspectos referentes a Natureza da Ciência, de como a Ciência é construída.

Já a passagem apresentada em DP-E1 (A7), “*Porque o amargo possui mais cacau, é mais caro e, também, não é bom*”, denota uma explicação apoiada em dados apresentados no texto. Sendo assim, A7 *organiza e classifica* as informações, relacionando-as para produzir uma

explicação, “porque o amargo possui mais cacau, é mais caro”. Não obstante, o excerto “e também não é bom” expressa um ponto de vista pessoal, subjetivo, do aluno A7, de acordo com o seu gosto pelo chocolate.

As passagens apresentadas manifestam a utilização de indicadores que se referem à organização e à classificação de informações para produzir uma *explicação* e para discutir o movimento de *elaboração de hipóteses* e a necessidade de testá-las ou refutá-las afim de produzir um argumento válido. De acordo com Sasseron e Carvalho (2008), essas explicações ainda estão em fase de construção e poderão se tornar mais autênticas ao longo das discussões.

O EP 2 ainda é referente à primeira etapa da MCM e retrata as discussões estabelecidas em sala de aula a respeito do vídeo², o qual trata da produção de chocolates artesanais, assim os indicadores organização e classificação de informações são novamente evidenciados. Foi também solicitada a organização de registros individuais apresentando a compreensão sobre a produção do chocolate. No Quadro 5 apresentamos os indicadores da AC reconhecidos:

Quadro 5 – Episódio 2 e os indicadores da AC na 1^a etapa da MCM – leitura e interpretação de informações – vídeo

Código	Unidade de contexto	Indicadores
RI-E6 (A6)	Vários produtores de chocolate têm feito uma nova técnica de produção de chocolate, onde produzem chocolate a partir da amêndoia do cacau até a finalização da barra em um único processo produtivo para deixar o chocolate cada vez mais orgânico, natural e saudável.	Organização de informações; classificação de informações; raciocínio lógico; explicação.
RI-E6 (A11)	O vídeo trata sobre a produção de chocolates, como os fabricantes vêm se reinventando e o processo realizado com o cacau para transformá-lo em chocolate. [...] chocolate artesanal é muito mais saudável do que os chocolates industriais, pois não é adicionado nenhum produto não orgânico.	Organização de informações; classificação de informações; raciocínio lógico; explicação.
RI-E6 (A1)	O chocolate artesanal também tem menos processos químicos envolvidos na fabricação, o que significa que é menos prejudicial à saúde.	Organização de informações; classificação de informações; raciocínio lógico; explicação.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2025).

As unidades de contexto apresentadas evidenciam relação com o terceiro eixo temático ao tratar das relações existentes entre Ciências, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, pois evidenciam os processos produtivos do chocolate, das tecnologias e das técnicas de produção integradas e mais eficientes da demanda por alimentos mais saudáveis e sustentáveis, refletindo a preocupação do consumidor com a saúde e o ambiente e, também de práticas mais sustentáveis

²Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=KEvn4wp2fMU>. Acesso em: 07 set. 2022.

e da redução do impacto ambiental da produção de cacau e chocolate.

3.2 Produção de Chocolate e das Embalagens

A segunda categoria, designada de *produção de chocolate e das embalagens*, é constituída pelos Episódios 3, 4 e 5, os quais se referem à segunda etapa do processo de MCM, desenvolvida na cantina da escola e acompanhada pela professora pesquisadora e pela professora de Química. A pesquisadora levou os produtos necessários para a produção de chocolate e os respectivos valores. Então, iniciamos conversando com os grupos sobre a produção de chocolates e a confecção das embalagens, explicando e indagando sobre o que é e como podemos calcular o preço de custo da produção de chocolates. Na sequência, orientamos que os alunos pensassem sobre o que iriam produzir e descrevessem o que seria necessário.

Cabe destacar que, após esse diálogo inicial, informamos aos alunos que havíamos comprado o chocolate e os ingredientes necessários, as forminhas, o papel alumínio e os flocos para misturar ao chocolate para ficar mais crocante. Então, solicitamos que cada grupo deveria escolher um modelo de forminha e ir pensando no tipo de embalagem que poderiam fazer para o modelo escolhido. Os grupos escolheram os modelos conforme três tipos de forminhas: chocolates de 90g (Grupo 1 – valores nutricionais: A1, A8, A12 e A4); 50g (Grupo 2 – benefícios e malefícios para o ser humano: A9, A6, A3 e A5); 13g (Grupo 3 – estudo do cacaueiro: A2, A11, A7 e A10).

Salientamos, nessa etapa, o movimento de negociação entre os alunos, referente à divisão da quantidade de chocolate que cada grupo iria ficar. A negociação envolveu a noção de proporcionalidade, números racionais na representação decimal infinita, ou seja, como realizar a divisão do chocolate. Questionou-se: o resultado da quantidade dividida entre os três grupos é uma dízima periódica? O Quadro 6 denota esse movimento:

Quadro 6 – Episódio 3 e os indicadores da AC na segunda etapa da MCM – produção de chocolate e das embalagens – divisão da quantidade de chocolate

Código	Unidade de contexto	Indicadores
DP-E7	Como iremos dividir a quantidade de chocolate entre os grupos?	
DP-E7 (A8)	A divisão deve ser realizada de acordo com cada modelo de forminha.	Organização de informações; classificação de informações; raciocínio lógico; raciocínio proporcional; explicação.
DP-E7 (A7)	Não concordou. Respondeu: [...] cada modelo de forminha é diferente entre os três grupos, e então não seria justo que alguns ficassem com mais e outros com menos.	Organização de informações; classificação de informações; raciocínio lógico; raciocínio proporcional; explicação.

DP-E7	O que devemos fazer então? Solicitei que cada grupo pensasse em alguma forma para realizar a divisão dos chocolates, sendo que a quantidade de chocolate do pacote é de 2 kg (Foi dado um tempo aos alunos para a negociação).	
DP-E7 (A7)	Sugerimos que o chocolate seja dividido em três partes igualmente e o pacote de flocos também. Então cada grupo ficará com 666,6...g de chocolate.	Organização de informações; classificação de informações; raciocínio lógico; raciocínio proporcional; explicação.
DP-E7	Como faremos com esse número que não é exato?	
DP-E7 (A7)	Vamos arredondar.	Organização de informações; classificação de informações; raciocínio lógico.
DP-E7 (A9)	Mas, quem vai ficar com menos? Nosso grupo que não!	Organização de informações; classificação de informações; raciocínio lógico.
DP-E7	Então, deixei que discutissem sobre e concluíram em deixar cada grupo com 666g. Indaguei: o que faremos com a sobra?	
DP-E7 (A1)	Vamos colocar como perdas.	Organização de informações; classificação de informações; raciocínio lógico.
DP-E7	Então, juntos concluímos que seria a melhor solução colocar como perdas esta sobra.	

Fonte: Elaborado pelas autoras (2025).

As discussões estabelecidas neste episódio retratam a resolução de um problema centrado na quantidade de chocolate que cada grupo ficaria. Destacamos o papel intermediador da professora pesquisadora durante a resolução do problema, visto que os questionamentos realizados conduziram os alunos a uma solução justa para o problema apresentado. Os alunos tomaram uma decisão de modo que nenhum grupo fosse prejudicado. Identificamos o desenvolvimento da capacidade de argumentação ancorada na divisão do chocolate, baseada no princípio de proporcionalidade, o qual estruturou a ideia para chegar a uma conclusão.

Esse episódio possui relação com o primeiro eixo estruturante o qual reporta-se à construção de conhecimentos científicos e a possibilidade de aplicá-los em situações diversas e de modo consciente no seu dia a dia e são evidenciados três dos propósitos epistêmicos de Ferraz e Sasseron (2017): explorar, qualificar e sintetizar, visto que as intervenções da professora buscam a construção de melhor entendimento, qualificam as explicações dadas pelos alunos e sistematizam as informações para tomada da decisão.

O EP4 aconteceu ainda na aula prática da produção de chocolates com a colaboração da professora de Química. Iniciamos a aula explicando sobre como aconteceria o processo de produção de chocolate. A professora de Química explanou sobre como o chocolate é transformado mediante o processo de mudança de temperatura. Explicamos que primeiramente o chocolate seria derretido no micro-ondas, depois iríamos misturar os flocos e colocar nas forminhas, e, na sequência levaríamos para resfriar na geladeira ou no freezer. Esse processo

de produção foi muito divertido e produtivo, já que os alunos se envolveram, trabalharam em grupos (G1, G2 e G3), tomaram decisões coletivas e respeitaram a opinião do colega.

Após o desenvolvimento da prática, refletimos que poderíamos ter deixado essa parte da atividade mais aberta para os alunos. Em detrimento das explicações apresentadas, poderíamos tê-los deixado realizar a busca e a organização de informações. Por outro lado, o tempo demandado para o desenvolvimento da atividade tornar-se-ia mais longo, denotando um desafio a ser transposto para a inserção do processo de MCM na sala de aula. O Quadro 7 denota parte das interações discursivas ao processo de produção de chocolates e os indicadores da AC:

Quadro 7 – Episódio 4 e os indicadores da AC na segunda etapa da MCM – produção de chocolates

Código	Unidade de contexto	Indicadores
DP-E8	O chocolate vai ser transformado, vai ter de ser aquecido, no momento que vocês provaram o chocolate, ele não está bem duro, já está mais mole devido à temperatura.	
DP-E8 (A2)	Hoje é um dia que está mais quente. Então, isso vai ter influência no derretimento mais rápido do chocolate.	Explicação, justificativa e previsão.
DP-E8 (A5)	Por isso que vamos aquecer e depois resfriar para ficar duro nas forminhas.	Explicação e justificativa.
DP-E8 (A6)	Quanto tempo vai ficar no micro-ondas?	
DP-E8 (A1)	Quantas vezes faremos isso no micro-ondas?	
DP-E8	Vamos colocar várias vezes, uns 30 segundos, considerando o risco de não queimar, fazendo o procedimento aos poucos e o tempo em torno de 10 minutos, mas vocês terão que observar se a variação do tempo é suficiente.	
RG3-E8	O chocolate foi derretido no micro-ondas durante o tempo de 53 segundos, em seguida, adicionamos os flocos e colocamos durante 10 minutos no congelador. Após isso, os chocolates foram embalados.	Organização de informações; classificação de informações; raciocínio lógico.
RG2-E8	O chocolate endureceu, mas alguns acabaram quebrando, então na segunda tentativa deixamos os chocolates 3 minutos e 15 segundos a mais na geladeira.	Organização de informações; classificação de informações; raciocínio lógico; justificativa.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2025).

Neste episódio a professora procurou fazer com que os alunos percebessem a necessidade do processo de aquecimento e de resfriamento. Promovendo diálogos sobre a influência da temperatura, do tempo e do tamanho das formas utilizadas e que essas variáveis podem influenciar e ocasionar resultados diferentes no processo de produção, por exemplo, o uso do tempo para o aquecimento pode indicar a noção de tempo como variável controlada.

As interações discursivas permitiram aos alunos construir representações acerca do processo de produção do chocolate e mobilizar elementos do primeiro eixo da AC no que tange às mudanças de estado físico da matéria e da transferência de calor: “*Por isso que vamos*

aquecer e depois resfriar para ficar duro nas forminhas” (A5). Nesta passagem, identificamos os indicadores explicação e justificativa.

Na passagem evidenciada no registro do Grupo 3 consta: “*O chocolate foi derretido no micro-ondas durante o tempo de 53 segundos, em seguida, adicionamos os flocos e colocamos durante 10 minutos no congelador. Após isso, os chocolates foram embalados*” (RG3-E8). O grupo, ao escrever “*o chocolate foi derretido no micro-ondas durante o tempo de 53 segundos*”, demonstra o entendimento da passagem do estado sólido para o líquido – fusão, provocada pela ação do calor. “*Em seguida, adicionamos os flocos*” evidencia que diferentes substâncias podem ser combinadas, mantendo suas propriedades. O tempo 53 segundos indica a noção de controle de variáveis. Ao escrever “*colocamos durante 10 minutos no congelador*”, trata-se da solidificação, processo inverso da fusão, evidenciando que o resfriamento rápido permite que o chocolate volte ao estado sólido, agora incorporando os flocos.

Reconhecer a presença de elementos do segundo eixo da AC – a Ciência como atividade humana. A descrição de uma sequência de etapas: derreter, misturar, congelar e embalar representa a ciência como prática experimental, estruturada e reflete a ideia de que o conhecimento científico é construído por meio de interações práticas com o mundo. O terceiro eixo da AC está contemplado, com a presença do micro-ondas e do congelador representando tecnologias inseridas no cotidiano que viabilizam processos físicos e químicos.

O EP5, durante a aula prática, marcou o processo de confecção das embalagens para armazenar os chocolates. A forma e o tipo de embalagem que seriam utilizados, foi uma decisão tomada pelos alunos a partir da escolha do modelo diferente das forminhas utilizadas por cada grupo, e a orientação foi que escolhessem um formato que conhecido. E de maneira cooperativa, desenvolveram sua criatividade e imaginação, utilizando diferentes materiais.

No decorrer do processo de confecção das embalagens, cada grupo utilizou uma estratégia, buscando a melhor opção de embalagem para o chocolate produzido, de modo que o espaço interior da embalagem fosse otimizado. De acordo com Souza e Santo (2017, p. 18), “num ambiente escolar, um modelo simples, mesmo que seus dados não correspondam perfeitamente com os da realidade, pode ser bastante eficiente para a aprendizagem”, visto que os alunos mobilizaram conhecimentos geométricos que os ajudaram a confeccionar as embalagens e estabeleceram relações, caracterizando as superfícies poliédricas, movimentando elementos do primeiro eixo estruturante da AC.

Favorecendo o desenvolvimento da utilização de conhecimentos científicos para a tomada de decisões referente à resolução do problema que emergiu da prática de MCM:

confeccionar a embalagem para os chocolates produzidos e o desenvolvimento da capacidade argumentativa. Esses aspectos são constituintes do desenvolvimento da AC. O Quadro 8 denota os indicadores da AC do EP5:

Quadro 8 – Episódio 5 e os indicadores da AC na 2ª etapa da MCM – produção das embalagens

Código	Unidade de contexto	Indicadores
DP-E8	Perguntei quem queria os modelos das barras de 90g, de 50g e de 13g.	
DP-E8 (A1)	Sobre as embalagens, podemos pensar em qualquer modelo de embalagens?	
DP-E8	Podem pensar em embalagens no formato de figuras geométricas.	
RG3-E8	Foram utilizadas tesoura, cola, régua, caneta, cartolina, um papel com molde, EVA, papel alumínio da cor vermelha e prata para a confecção das embalagens em formato cúbico, com capacidade de 4 chocolates em cada embalagem. Produzimos 12 embalagens. Ao todo foram produzidos em torno de 60, porém, apenas 48 foram embalados e colocados em suas caixas. Cada chocolate tinha massa de 13g de forma isolada. Cada caixa com quatro chocolates pesava 55g e ao todo com as 12 caixas produzidas e cheias, sua massa foi de 660g.	Organização de informações; raciocínio lógico; raciocínio proporcional; explicação, justificativa.
RG1-8	Totalizaram 10 barras e um pouquinho e sobraram 90g de flocos. Soma: 690g, 595g os empacotados e a média por barra foi de 70g.	Organização de informações; raciocínio lógico; raciocínio proporcional; explicação e justificativa.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2025).

Reconhecemos na descrição do Grupo 1 que os alunos apresentaram os materiais utilizados, facilitando a compreensão do processo realizado por eles. Nesse sentido, organizaram as informações e seu raciocínio logicamente ordenado, mobilizando noções de proporcionalidade.

Nos três últimos episódios apresentados aconteceram a etapa de compreensão e de explicitação do processo de MCM. Nessa fase, os grupos começaram a resolver a situação-problema da produção e a confecção das embalagens, precisaram compreender e relacionar conceitos de diferentes componentes curriculares (conteúdos), como: Química: concentração em massa; Matemática: proporcionalidade, sistemas de medidas – capacidade, volume, massa e geometria. Foi possível estimular diferentes processos cognitivos dos alunos ao efetuarem os cálculos com diferentes meios e recursos: cálculo mental, cálculo manual e com uso de tecnologia (calculadora e balança digital).

As passagens o Episódio 5 mostram a compreensão de termos e conceitos científicos, especialmente nas áreas de Matemática e Ciências – massa, forma, volume, geometria e proporcionalidade. Também evidenciam elementos da Natureza da Ciência e do eixo CTSA, revelando o papel da observação e da quantificação na construção do conhecimento científico.

3.3 Modelos Matemático e Sistematização

A terceira categoria, *modelo matemático e sistematização*, é constituída pelo Episódio 6 e se refere à terceira etapa do processo de MCM, intitulada por Biembengut (2016), de significação e expressão. Essa etapa foi desenvolvida na sala nas aulas de Matemática, Biologia e Química. A professora pesquisadora solicitou aos alunos que representassem o custo de produção de chocolate, o qual foi expresso por meio de um modelo matemático. Nas aulas de Biologia e Química, a etapa de significação e expressão ocorreu por meio da organização de seminários, e apresentaram o estudo realizado sobre o cacaueiro, as informações nutricionais do chocolate, os benefícios e os malefícios para a saúde humana.

O EP 6 marcou os indicadores da AC, quando os alunos foram questionados pela professora pesquisadora sobre qual seria o custo de produção dos chocolates. Disponibilizamos aos alunos os valores dos ingredientes: chocolate, flocos e forminhas, e para o restante dos materiais utilizados, deveriam realizar uma estimativa dos valores, os grupos começaram a dialogar sobre o que foi utilizado no processo de produção, organizar os dados e estimar os valores. O Quadro 9 denota as interações discursivas realizadas:

Quadro 9 – Episódio 6 e os indicadores da AC na 3^a etapa da MCM – modelo matemático e sistematização

Código	Unidade de contexto	Indicadores
DP-E9	Como podemos fazer para calcular o custo de cada chocolatinho?	
DP-E9 (A4)	Podemos somar todas as coisas.	Organização de informações.
DP-E9 (A1)	Daí teremos o custo de tudo, do chocolate, dos flocos e do papel.	Organização de informações; classificação de informações.
DP-E9 (A10)	Vamos ter de calcular todos os custos e depois calcular de cada chocolatinho. Então temos que pegar o custo e dividir pela quantidade de chocolates feita.	Organização de informações; classificação de informações; raciocínio lógico; raciocínio proporcional; justificativa; explicação.
RG3-E9	Figura 3.	Seriação de informações; organização de informações; classificação de informações; raciocínio lógico; raciocínio proporcional; justificativa; explicação.
RG1-E9	Figura 4.	Seriação de informações; organização de informações; classificação de informações; raciocínio lógico; raciocínio proporcional; justificativa; explicação.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2025).

A Figura 1, a seguir, explicita o movimento de *seriação, organização e classificação de informações*, listaram os materiais utilizados, realizaram um arranjo das informações elencadas, classificando-as de acordo com a relevância estabelecida por cada grupo.

A partir desse movimento, os alunos do G3 (chocolate de 13g) somaram o valor dos ingredientes e dos materiais divididos (R\$ 67,22) e dividiram pelas 12 caixinhas produzidas (que comportam quatro chocolatinhos), sendo o custo de R\$ 5,60 cada. Já os alunos do G1 (chocolate de 90g) utilizaram uma estratégia diferente, uma vez que somaram o custo total dos ingredientes e dos materiais (R\$ 105,50) e dividiram entre os três grupos, ficando cada um com o custo de R\$ 60,16 e, como produziram aproximadamente 10 barras, cada barra tem o valor de R\$ 5,72. A Figura a apresenta o raciocínio do G3 e G1, respectivamente.

Figura 1 – Registro do Grupo 3 sobre o custo de um chocolate

<p>9,88 ceraflona 7,50 forminha 14,33 chocolate + 0,50 energia elétrica 30,00 mão de obra 0,50 flocos 1,50 papel alumínio 2,60 folha 3,90 E.V.A R\$ 67,22 Custo total da produção do chocolate Ls 67,22 : 12 = 5,60 por caixinha de chocolate</p>	<p>farinha = 22,50 chocolate 27g = 69,00 papel alumínio recortado = 4,50 papel alumínio = 9,00 flocos = 10,50 Soma total = 105,50 ÷ para 3 grupos = 35,16 cada + mão de obra de 20,00 e 5,00 de micro-ondas. Preço total = 60,16 60,16 ÷ Número de barras produzidas = 10,5 5,72 por barra Venderíamos por 16,50 cada barra. € teríamos 8,09 reais de lucro.</p>
---	--

Fonte: Arquivo das autoras (2025).

Se compararmos os valores apresentados pelos grupos, observamos que a caixinha com quatro chocolates de 13g custa R\$ 5,60 (R\$ 0,10 por grama de chocolate) e cada barrinha de aproximadamente 70g (foi o valor aproximado que o grupo encontrou para a forminha de 90g), tem o custo de R\$ 5,72 (R\$ 0,08 por grama de chocolate). Assim, os valores encontrados por grama de chocolate são bem próximos, podendo ser validado o custo de cada chocolate apresentado pelos grupos. Nas aulas de Química e Biologia foi realizada a socialização dos seminários dos grupos. Para tal, os alunos utilizaram o *Chromebook* da escola. As professoras de Química e Biologia escreveram em seus diários:

Os alunos participaram, envolveram-se em estudar o assunto porque até então desconheciam quimicamente o chocolate, associavam apenas a questão de gostar e então começaram a entender por que algumas pessoas são consideradas dependentes, principalmente pela substância química cafeína, realizando associações com outros alimentos. Associaram também ao lado emocional (principalmente as meninas) na época da TPM, além de conhecerem os nomes das substâncias químicas e sua estrutura molecular. O envolvimento dos alunos foi gratificante.

(DPQ, 2022).

O segundo grupo pesquisou os malefícios e os benefícios do chocolate para o homem, observando quais órgãos são mais afetados em cada sistema humano e o terceiro grupo pesquisou sobre a matéria-prima do chocolate – o cacau (nome científico, características da planta – flor, fruto, reprodução, tipo de célula, informações gerais da planta, etc.).

(DPB, 2022).

A partir do exposto, encerramos a terceira etapa do processo de MCM. Destacamos que o desenvolvimento da prática de MCM possibilitou o envolvimento dos alunos nas discussões propostas e o estabelecimento de relações nos componentes curriculares de Biologia, Química e Matemática, ajudando-os a compreender de forma mais ampla a temática estudada. Ao fazê-lo pudemos reconhecer indicadores da AC presentes nas etapas do processo de MCM e vinculados aos três eixos estruturantes da AC.

A Tabela 1 apresenta a frequência dos indicadores nos seis episódios apresentados e discutidos neste texto:

Tabela 10 – Indicadores da AC e sua quantificação nos episódios (EP)

Indicador	Percepção e apreensão		Compreensão e explicitação			Significação e expressão	Total
	EP1	EP2	EP3	EP4	EP5		
Seriação de informações	0	0	0	0	0	2	2
Organização de informações	2	3	6	2	2	5	20
Classificação de informações	2	3	6	2	0	4	17
Raciocínio lógico	0	3	6	2	2	3	16
Raciocínio proporcional	0	0	3	0	2	3	8
Levantamento de hipótese	0	0	0	0	0	0	0
Teste de hipótese	0	0	0	0	0	0	0
Justificativa	0	0	0	3	2	3	8
Previsão	0	0	0	1	0	0	1
Explicação	2	3	3	2	2	3	15
Total por episódio	6	12	24	12	10	23	87
Total por etapa da MCM	18		46			23	87

Fonte: Organizado pelas autoras (2025).

A análise da Tabela 1 mostra os indicadores da AC, utilizados nos diferentes episódios. Os indicadores de levantamento e teste de hipóteses e previsão foram os menos utilizados, o que nos faz refletir sobre as intervenções realizadas. Talvez tivéssemos de ter deixado os alunos falarem mais durante o desenvolvimento das atividades e direcionar os questionamentos, instigando-os a pensar sobre os processos envolvidos na produção de chocolate. Por outro lado, foi a primeira vez que a primeira autora deste texto desenvolveu uma prática de MCM e, posto isso, o movimento decorrente do processo é de aprendizagem docente, tanto do planejamento da prática como durante o seu desenvolvimento. Na sequência, os indicadores de organização

e de classificação de informações, seguido do raciocínio lógico, da justificativa e da explicação, são os mais desenvolvidos respectivamente. Assim, ao final do processo de MCM os alunos construíram explicações para apresentar o custo de produção do chocolate, de acordo com as informações (seriadas, organizadas e classificadas) utilizadas como justificativas para ancorar as explicações produzidas. O modelo apresentado pelos alunos também põe em evidência o raciocínio lógico e proporcional como forma de entender e de explicar as relações percebidas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste texto consistiu em compreender como o desenvolvimento de uma prática pedagógica de MCM, desenvolvida na perspectiva da IFA, contribuiu para o desenvolvimento da AC. De modo específico, buscamos identificar os indicadores da AC a partir da prática desenvolvida e discuti-los a partir dos três eixos estruturantes da AC. Para tal, iniciamos o desenvolvimento de uma espiral autorreflexiva, a qual se desenvolveu por ciclos de problematização, observação, planejamento, ação e reflexão.

A análise realizada à luz da Análise de Conteúdo possibilitou o reconhecimento de indicadores da AC apresentados em três categorias emergentes do processo de análise e textualizadas em seis episódios, sendo os indicadores de organização e de classificação de informações, os que apresentaram a maior frequência, seguido do raciocínio lógico, da justificativa e da explicação. Destacamos que os indicadores da AC assinalam competências que devem ser desenvolvidas e utilizadas para a resolução de problemas em qualquer área do conhecimento e estão relacionados às construções mentais que possibilitam o entendimento do problema. Reconhecemos também elementos dos três eixos da AC evidenciados nos registros dos alunos, denotando oportunidades de, por meio de práticas de MCM, problematizar os conhecimentos e os conceitos científicos; discutir elementos da Natureza da Ciência e das relações entre conhecimento, tecnologia, sociedade e ambiente.

A prática de MCM desenvolvida mostrou-se como um cenário que favorece o desenvolvimento da AC, requerendo habilidades importantes de serem trabalhadas em sala de aula. Por outro lado, a manifestação dos indicadores está relacionada à maneira como a atividade foi planejada e desenvolvida pelas professoras. Desse modo, refletimos que é necessário que os professores tenham conhecimentos sobre os eixos estruturantes da AC e sobre os indicadores a fim de que possam ser contemplados no seu planejamento.

A prática de MCM proporcionou um ambiente favorável ao desenvolvimento de AC, proporcionando liberdade, descontração, estimulando a participação e a criatividade dos alunos que mobilizaram e ampliaram os conhecimentos de Biologia, sobre a planta que produz a matéria-prima para a produção do chocolate; da Química, ao se discutir os processos de resfriamento e de aquecimento do chocolate, as informações nutricionais e as substâncias químicas; e da Matemática, ao mobilizarem a noção de proporcionalidade, as operações com números decimais, a organização e a classificação dos ingredientes e dos materiais utilizados evidenciando elementos dos eixos da AC e a identificação dos indicadores.

Reconhecemos a importância de realizar com maior frequência atividades que possibilitem a mobilização e o desenvolvimento dos indicadores da AC de modo que os alunos desenvolvam a capacidade de tomar decisões, utilizando conhecimentos que já possuem e desenvolvendo outros, ajudando-os a ter um posicionamento mais crítico e reflexivo sobre as informações que recebem. Para tal, inferimos que o planejamento do professor deve ser realizado de forma consciente e intencional à luz da AC e que, em cursos de formação de professores, os fundamentos da MCM e AC devem ser estudados e discutidos. Esta reflexão dá origem a um novo ciclo da espiral autorreflexiva que pode ser investigado a fim de ampliar o escopo das pesquisas desenvolvidas na área.

REFERÊNCIAS

- ALARÇÃO, Isabel. **Professores reflexivos em uma escola reflexiva**. 8. ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. 1. ed. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BASSANEZI, Rodney Carlos. **Ensino-aprendizagem com Modelagem Matemática**. São Paulo: Contexto, 2010.
- BIEMBENGUT, Maria Salett. **Modelagem na educação Matemática e na Ciência**. São Paulo: Livraria da Física, 2016.
- BOGDAN, Robert C.; BIKLEN, Sara Knopp. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. 12. ed. Porto: Porto Editora, 2013.
- FERRAZ, Arthur Tadeu; SASSERON, Lúcia Helena. Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 1, p. 42-60, 2017.

GÜLLICH, Roque Ismael da Costa. **O livro didático, o professor e o ensino de Ciências: um processo de investigação-formação-ação.** 2012. 263f. Tese (Doutorado em Educação nas Ciências) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2012.

JUSTI, Rosária; ERDURAN, Sibel. Characterizing nature of Science: a supporting model for teachers. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL HISTORY, PHILOSOPHY, AND SCIENCE TEACHING GROUP, 2015, Rio de Janeiro. **Annals** [...]. Rio de Janeiro, 2015.

MALDANER, Otavio Aloisio. Formação de professores para um contexto de referência conhecido. In: NERY, Belmayr Knopki; MALDANER, Otavio Aloisio (orgs.). **Formação de professores: compreensões em novos programas e ações.** Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 2014.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Almejando a alfabetização científica no Ensino Fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SASSERON, Lúcia Helena; MACHADO, Vitor Fabrício. **Alfabetização científica na prática: inovando a forma de ensinar Física.** São Paulo: Livraria da Física, 2017.

SASSERON, Lúcia Helena; OROFINO, Rena de Paula. Alfabetização científica na perspectiva das Ciências da Natureza: discussões a partir de domínios do conhecimento científico. **Revista Brasileira de Educação em Geografia, /S. I./**, v. 15, n. 25, p. 05–23, 2025.

SCHULTZ, Adriane Kis; BONOTTO, Danusa de Lara. Scientific modeling and science literacy in early childhood: a review study. **Actio: Docência em Ciências**, v. 6, n. 1, p. 1-19, 2021.

SILVA, Maíra Batistoni e; SASSERON, Lúcia Helena. Alfabetização científica e domínios do conhecimento científico: proposições para uma perspectiva formativa comprometida com a transformação social. **Ensaio – Pesquisa em Educação e Ciências**, v. 23, p. 1-20, 2021.

SOUZA, Ednilson Sergio Ramalho de; SANTO, Adilson Oliveira do Espírito. Alfabetização científica em ambiente de modelagem matemática. **REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, v. 5, n. 1, p. 5-23, 2017.

APÊNDICE 1 – INFORMAÇÕES SOBRE O MANUSCRITO

AGRADECIMENTOS

Não se aplica.

FINANCIAMENTO

Financiado pelos próprios autores.

CONTRIBUIÇÕES DE AUTORIA

Resumo/Abstract/Resumen: Valquiria Ottonelli Hanauer e Danusa de Lara Bonotto

Introdução: Valquiria Ottonelli Hanauer e Danusa de Lara Bonotto

Referencial teórico: Valquiria Ottonelli Hanauer e Danusa de Lara Bonotto

Análise de dados: Valquiria Ottonelli Hanauer e Danusa de Lara Bonotto

Discussão dos resultados: Valquiria Ottonelli Hanauer e Danusa de Lara Bonotto

Conclusão e considerações finais: Valquiria Ottonelli Hanauer e Danusa de Lara Bonotto

Referências: Valquiria Ottonelli Hanauer e Danusa de Lara Bonotto

Revisão do manuscrito: Valquiria Ottonelli Hanauer e Danusa de Lara Bonotto

Aprovação da versão final publicada: Valquiria Ottonelli Hanauer e Danusa de Lara Bonotto

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declararam não haver nenhum conflito de interesse de ordem pessoal, comercial, acadêmica, política e financeira referente a este manuscrito.

DISPONIBILIDADE DE DADOS DE PESQUISA

Não se aplica.

PREPRINT

Não publicado.

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica.

APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Se aplica, a pesquisa realizada foi aprovada por Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos, estamos enviando juntamente com o manuscrito a cópia da certidão e/ou declaração atestando a observância às normas éticas de pesquisa, inclusive cópia da aprovação do protocolo de pesquisa em Comitê de Ética com seres humanos. Com o nº do Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE nº 63234522.2.0000.5564), gerado pela CONEP, do projeto de pesquisa oriundo deste artigo.

COMO CITAR – ABNT

HANAUER, Valquiria Ottonelli; BONOTTO, Danusa de Lara. Alfabetização científica em uma prática de Modelagem nas Ciências e Matemática. **REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, Cuiabá, v. 13, e25080, jan./dez., 2025. <https://doi.org/10.26571/reamec.v12.19267>

COMO CITAR – APA

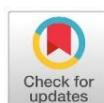
Hanauer, V. O. & Bonotto, D. L. (2025). Alfabetização científica em uma prática de Modelagem nas Ciências e Matemática. *REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 13, e25080. <https://doi.org/10.26571/reamec.v12.19267>

DIREITOS AUTORAIS

Os direitos autorais são mantidos pelos autores, os quais concedem à Revista REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática - os direitos exclusivos de primeira publicação. Os autores não serão remunerados pela publicação de trabalhos neste periódico. Os autores têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicado neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico. Os editores da Revista têm o direito de realizar ajustes textuais e de adequação às normas da publicação.

POLÍTICA DE RETRATAÇÃO - CROSSMARK/CROSSREF

Os autores e os editores assumem a responsabilidade e o compromisso com os termos da Política de Retratação da Revista REAMEC. Esta política é registrada na Crossref com o DOI: <https://doi.org/10.26571/reamec.retratacao>



OPEN ACCESS

Este manuscrito é de acesso aberto ([Open Access](#)) e sem cobrança de taxas de submissão ou processamento de artigos dos autores (*Article Processing Charges – APCs*). O acesso aberto é um amplo movimento internacional que busca conceder acesso online gratuito e aberto a informações acadêmicas, como publicações e dados. Uma publicação é definida como 'acesso aberto' quando não existem barreiras financeiras, legais ou técnicas para acessá-la - ou seja,



quando qualquer pessoa pode ler, baixar, copiar, distribuir, imprimir, pesquisar ou usá-la na educação ou de qualquer outra forma dentro dos acordos legais.

LICENÇA DE USO

Licenciado sob a Licença Creative Commons [Attribution-NonCommercial 4.0 International \(CC BY-NC 4.0\)](#). Esta licença permite compartilhar, copiar, redistribuir o manuscrito em qualquer meio ou formato. Além disso, permite adaptar, remixar, transformar e construir sobre o material, desde que seja atribuído o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico.



VERIFICAÇÃO DE SIMILARIDADE

Este manuscrito foi submetido a uma verificação de similaridade utilizando o *software* de detecção de texto [iThenticate](#) da Turnitin, através do serviço [Similarity Check](#) da Crossref.



PUBLISHER

Universidade Federal de Mato Grosso. Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGECEM) da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática (REAMEC). Publicação no [Portal de Periódicos UFMT](#). As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da referida universidade.



EDITOR

Dailson Evangelista Costa  

AVALIADORES

Carlos José Tridade da Rocha  

Avaliador 2: não autorizou a divulgação do seu nome.

Avaliador 3: não autorizou a divulgação do seu nome.

HISTÓRICO

Submetido: 05 de março de 2025.

Aprovado: 15 de julho de 2025.

Publicado: 29 de dezembro de 2025.
