

O MÉTODO CTM3 COMO ESTRATÉGIA PARA A PRODUÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO SOBRE SEPARAÇÃO DE MISTURAS: UMA ABORDAGEM FUNDAMENTADA EM COMUNICAÇÃO CIENTÍFICA E DESIGN INSTRUCIONAL

**THE CTM3 METHOD AS A STRATEGY FOR PRODUCING EDUCATIONAL
MATERIAL ON MIXTURE SEPARATION: AN APPROACH GROUNDED IN
SCIENTIFIC COMMUNICATION AND INSTRUCTIONAL DESIGN**

Ciências Exatas e da Terra • 20/07/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/784391326](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/784391326)

Francisco José Mininel¹

RESUMO

O ensino de Química enfrenta desafios devido à abstração dos conceitos e à dificuldade de conexão com o cotidiano. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um Guia Visual Interativo sobre Técnicas de Separação de Misturas aplicando o Método CTM3, estruturado em Concepção do Produto (C), Referencial Teórico (T) e Referencial Metodológico (M). A metodologia, de natureza aplicada e qualitativa, detalha a transposição didática do conteúdo a partir de critérios de design instrucional e da teoria cognitiva da aprendizagem multimídia. Os resultados demonstram que o material produzido promove a redução da sobrecarga cognitiva através de sinalizações visuais intencionais e blocos informativos integrados. A fundamentação teórica adotada ancora os conceitos nos três níveis do pensamento químico (macroscópico, microscópico e simbólico), favorecendo a aprendizagem significativa. Conclui-se que o Método CTM3 funciona como um framework robusto para aproximar o rigor científico das demandas pedagógicas contemporâneas.

Palavras-chave: Ensino de Química; Separação de Misturas; Design Instrucional; Método CTM3.

ABSTRACT

The teaching of Chemistry faces significant challenges due to the abstraction of concepts and the difficulty of connecting them with daily life. This work presents the development of an Interactive Visual Guide on Mixture Separation Techniques applying the CTM3 Method, structured into Product Conception (C), Theoretical Framework (T), and Methodological Framework (M). The methodology, of an applied and qualitative nature, details the didactic transposition of content based on instructional design criteria and the cognitive theory of multimedia learning. The results

demonstrate that the produced material promotes the reduction of cognitive overload through intentional visual signaling and integrated information blocks. The theoretical framework adopted anchors the concepts into the three levels of chemical thinking (macroscopic, microscopic, and symbolic), favoring meaningful learning. It is concluded that the CTM3 Method functions as a robust framework to bridge scientific rigor and contemporary pedagogical demands.

Keywords: Chemistry Teaching; Mixture Separation; Instructional Design; CTM3 Method.

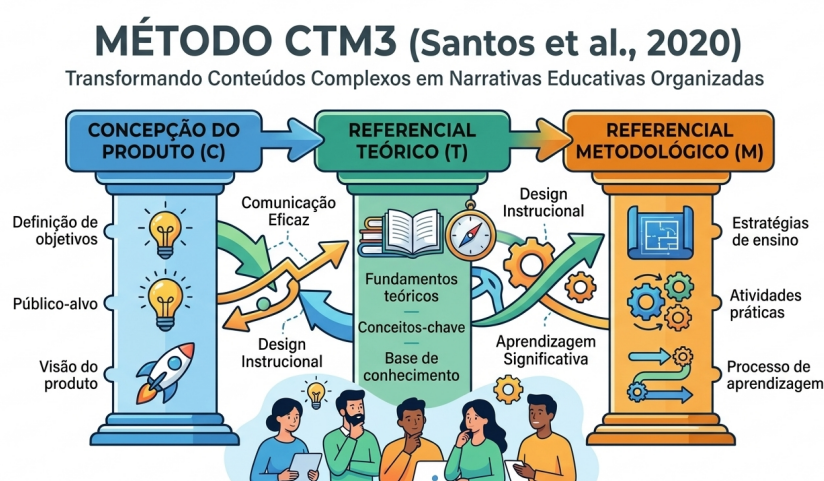
1. INTRODUÇÃO

O ensino de Química apresenta desafios históricos relacionados à abstração dos conteúdos, à linguagem científica específica e à dificuldade dos estudantes em relacionar conceitos teóricos com situações do cotidiano. No que tange ao estudo das propriedades da matéria, o conteúdo de **separação de misturas** frequentemente sofre com abordagens puramente memorísticas. Diversas pesquisas apontam que o excesso de informações isoladas, associado a metodologias predominantemente expositivas, pode dificultar a aprendizagem significativa e comprometer a motivação discente (AUSUBEL, 2003; POZO & CRESPO, 2009).

Nesse contexto, metodologias que favoreçam a organização cognitiva do conhecimento e a comunicação eficiente dos conteúdos tornam-se fundamentais. O avanço das tecnologias educacionais e dos princípios do design instrucional tem proporcionado novas possibilidades para a elaboração de materiais didáticos mais objetivos, acessíveis e cientificamente consistentes (FILATRO, 2018).

Entre essas propostas destaca-se o **Método CTM3**, desenvolvido por Santos et al. (2020) com base em princípios de comunicação eficaz, design instrucional e aprendizagem significativa. O método propõe a estruturação do conhecimento em três pilares centrais: Concepção do Produto (C), Referencial Teórico (T) e Referencial Metodológico (M), permitindo transformar conteúdos complexos em narrativas educativas organizadas (Figura 1).

Figura 1. Etapas do Método CTM3 utilizadas no trabalho proposto.



Fonte: SANTOS et al., 2020

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo aplicar o Método CTM3 no desenvolvimento de um material didático interativo voltado ao ensino de **Técnicas de Separação de Misturas**, analisando suas contribuições para a facilitação do processo de ensino-aprendizagem em Química em uma turma do 1º ano do Ensino Médio de uma Escola do Programa Ensino Integral (PEI) do Estado de São Paulo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. O Ensino de Separação de Misturas e os Desafios da Aprendizagem

A Química é uma ciência caracterizada pela necessidade de compreensão simultânea dos níveis macroscópico, microscópico e simbólico dos fenômenos químicos. Segundo Johnstone (1993), a dificuldade de articulação entre esses três níveis constitui uma das principais barreiras à aprendizagem da disciplina. No estudo de sistemas homogêneos e heterogêneos, os alunos frequentemente falham em correlacionar o procedimento visível (ex: destilação) com as interações moleculares subjacentes e a simbologia química.

Muitos conteúdos são apresentados de forma fragmentada, gerando decoreba de regras. Mortimer, Machado & Romanelli (2000) destacam que o ensino tradicional frequentemente privilegia a memorização em detrimento da compreensão dos fenômenos químicos, tornando urgente a adoção de estratégias pedagógicas que promovam organização cognitiva e contextualização.

2.2. Aprendizagem Significativa Aplicada Ao Material Didático

A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (2003) estabelece que a aprendizagem ocorre quando novas informações se relacionam de maneira não arbitrária com conhecimentos previamente existentes (subsunçores) na estrutura cognitiva do estudante.

Segundo Moreira (2012), materiais didáticos organizados de forma hierárquica e lógica atuam como organizadores prévios, favorecendo a assimilação dos conceitos científicos. Ao produzir um material sobre separação de misturas, os conceitos cotidianos (como filtrar café ou a produção de sal de cozinha) devem servir de ancoragem para os conceitos científicos mais complexos.

2.3. Design Instrucional e Teoria da Carga Cognitiva

O Design Instrucional define-se como o planejamento sistemático de experiências educacionais voltadas para a otimização da aprendizagem (FILATRO, 2018). De acordo com a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia de Mayer (2021), materiais educacionais devem reduzir a sobrecarga cognitiva por meio da seleção criteriosa das informações e utilização equilibrada de elementos visuais e textuais.

A clareza visual e textual influencia diretamente a capacidade de retenção do conhecimento (TUFTE, 2006). Portanto, o design de um material sobre separação de misturas exige uma sequência didática objetiva que guie o olhar do estudante sem sobrecarregar sua memória de trabalho.

3. METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada e de desenvolvimento tecnológico, de natureza qualitativa. Utilizou-se o Método CTM3 (SANTOS et al., 2020) como framework estrutural para a produção de um Guia Visual Interativo de Separação de Misturas. Esta fase define o planejamento estratégico, o formato e o destino da ferramenta.

O produto educacional consiste em um guia visual e interativo desenvolvido em formato digital, cuja proposta pedagógica centra-se na facilitação do aprendizado sobre separação de misturas. Sob a perspectiva técnica, o material foi configurado como um arquivo PDF dinâmico, caracterizado por propriedades navegáveis e responsivas. A navegabilidade é assegurada pela inserção de botões e hiperlinks internos clicáveis que funcionam de maneira análoga a uma interface web, garantindo ao estudante autonomia para

transitar entre os tópicos didáticos sem a necessidade de rolagem contínua das páginas. Complementarmente, a responsividade do layout permite a adaptação automática do conteúdo aos diferentes tamanhos de tela, viabilizando o uso irrestrito em computadores, *smartphones* ou *tablets*. Do ponto de vista estético-cognitivo, o guia articula de forma integrada imagens, infográficos e elementos visuais estratégicos, com o propósito de transpor a abstração inerente aos processos químicos de separação — tais como filtração, destilação e decantação — para uma linguagem visual acessível e estimulante ao estudante de Ensino Médio. Assim sendo **PDF Interativo** é o formato oficial suportado por ferramentas como o *Adobe InDesign* e *Adobe Acrobat*. Ele transforma a leitura passiva em uma experiência ativa por meio de:

- **Menu de Navegação:** Botões que levam direto a capítulos ou seções (como o menu de um site).
- **Hiperlinks:** Links que abrem vídeos externos, simuladores ou artigos.
- **Elementos Multimídia:** Janelas flutuantes (*pop-ups*), animações simples e áudios.

Dessa forma, a produção seguiu rigorosamente as três etapas do método:

Etapa 1 – Concepção do Produto (C)

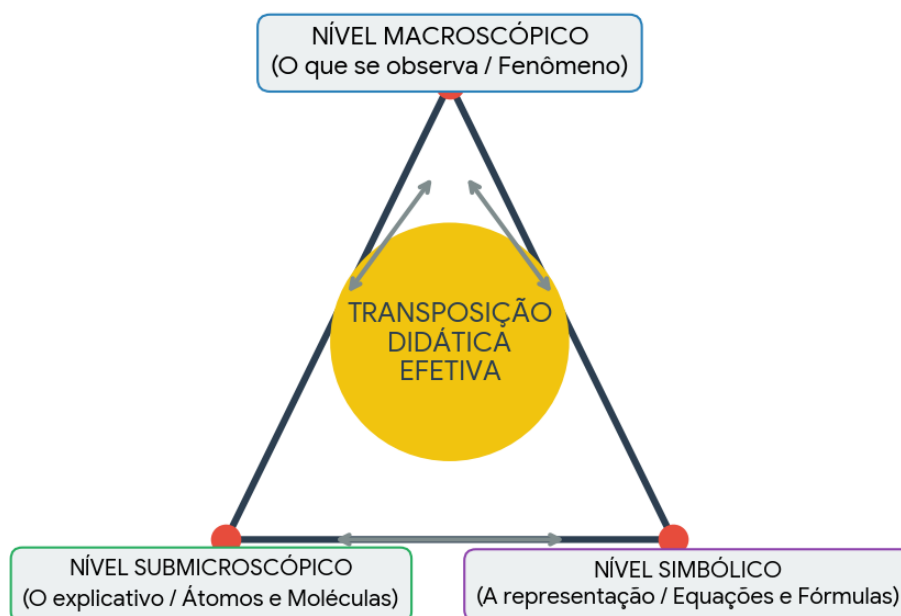
- O Produto: Um Guia Visual digital interativo em formato PDF navegável e responsivo.
- Público-alvo: Estudantes do 1º ano do Ensino Médio.

- Objetivo Pedagógico: Identificar, diferenciar e aplicar cinco técnicas (filtração, decantação, destilação simples, destilação fracionada e centrifugação) a partir de problemas cotidianos e industriais.

Etapa 2 – Referencial Teórico (T)

O conteúdo científico foi baseado no rigor da físico-química clássica. Validou-se o comportamento das propriedades físicas da matéria (solubilidade, ponto de ebulição, densidade e estados de agregação). Garantiu-se a correta transposição didática (Tabela 1) respeitando a tríade de Johnstone (1993), mapeando cada técnica sob a ótica macroscópica (o aparato laboratorial e o aspecto visual da mistura), microscópica (representação das partículas e forças intermoleculares na separação) e simbólica (equações, fórmulas e representações gráficas) (Figura 2).

Figura 2. Tríade proposta por Johnstone (1993).



Fonte: JOHNSTONE (1993)

Tabela 1. Indicativa da Transposição Didática pela Tríade de Johnstone.

Nível da Tríade	O que é? (Definição)	Ação na Transposição (Como fazer)	Exemplo Prático (Água Fervendo)
1. Macroscópico (<i>O Real</i>)	Fenômenos visíveis, tangíveis e perceptíveis pelos sentidos.	Iniciar a aula com o cotidiano ou experimentos simples.	Mostrar a água fervendo em uma chaleira.
2. Submicroscópico (<i>A Explicação</i>)	Mundo invisível de átomos, moléculas, íons e suas interações.	Utilizar modelos didáticos (simulações, esferas de isopor).	Explicar o aumento da energia cinética afastando as moléculas de (H ₂ O).
3. Simbólico (<i>A Linguagem</i>)	Tradução em letras, equações, gráficos e	Aplicar como último passo, após a base	Escrever a equação química: (H ₂ O) → H ₂ O(g)).

	fórmulas científicas.	macro e submicro.	
--	-----------------------	-------------------	--

Fonte: JOHNSTONE (1993)

Etapa 3 – Referencial Metodológico (M) e Descrição Visual do Material

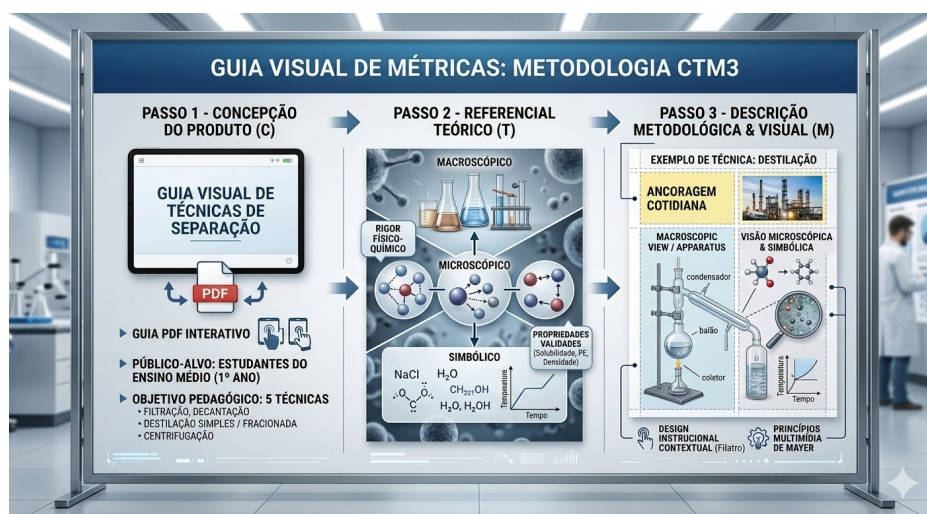
A diagramação, a arquitetura de informação e a linguagem do material foram estruturadas a partir do Design Instrucional Contextualizado (FILATRO, 2018) e dos princípios de Mayer (2021). O layout visual foi padronizado em uma malha (grid) de duas colunas assimétricas para evitar dispersão ocular (TUFTE, 2006). A composição visual de cada técnica foi definida através dos seguintes elementos estruturais fixos:

- **Ancoragem Cotidiana (Superior Esquerdo):** Um bloco visual de cor amarela pastel destacando uma imagem contextualizada (ex: o tratamento de água para decantação; a produção de cachaça ou refino de petróleo para as destilações). Funciona como organizador prévio (AUSUBEL, 2003).
- **Infográfico Central de Processo (Centro):** Ilustração vetorial limpa do arranjo laboratorial com fundo branco de alto contraste. Aplicou-se o *Princípio da Contiguidade Espacial* (MAYER, 2021), inserindo rótulos de texto curtos conectados diretamente às partes do desenho por linhas finas (ex: balão de destilação, condensador, termômetro), eliminando o uso de legendas distantes.
- **Destaque Molecular (Inferior Direito):** Um zoom circular simulando uma lente microscópica contendo o modelo

cinético das partículas. Mostra as moléculas se separando por tamanho de partícula (filtração) ou por energia cinética/vaporização (destilação), resolvendo o gap microscópico apontado por Johnstone (1993).

- Cores Funcionais: Uso restrito de paleta cromática de quatro cores para codificação de dados. O azul representa fases aquosas/líquidas, o cinza representa fases sólidas, o vermelho indica pontos de calor/aquecimento no sistema e setas laranjas indicam o fluxo do movimento da matéria (Figura 3).

Figura 3. Guia visual elaborado através da Metodologia CTM3.



Fonte: Santos et al., 2020

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O produto educacional gerado pelo método CTM3 — o *Guia Visual Interativo de Separação de Misturas* (Figura 4) — demonstrou que a estrutura triárquica potencializa o design de materiais didáticos na Química, atuando diretamente nos gargalos de aprendizagem mapeados pela literatura.

Figura 4. Imagem do Guia visual elaborado por aplicação da Metodologia CTM3.



Fonte: Santos et al., 2020

A etapa de Concepção do Produto (C) evitou o excesso de tópicos informativos que comumente geram a sobrecarga descrita por Mayer (2021). Materiais tradicionais frequentemente acumulam dezenas de técnicas secundárias (ex: levigação, tamisação, floculação) sem estabelecer um fio condutor. Ao delimitar o escopo estritamente para cinco técnicas fundamentais baseadas em propriedades físicas claras, o material ganhou foco pedagógico, permitindo ao estudante consolidar a estrutura cognitiva básica antes da diferenciação progressiva de novos conceitos (MOREIRA, 2012).

O Referencial Teórico (T) inserido na raiz do design do material garantiu o rigor conceitual sem torná-lo maçante. Na destilação fracionada, por exemplo, o infográfico detalhou visualmente o gradiente de temperatura na coluna de fracionamento. Em vez de apenas apresentar o desenho de forma estática, a imagem correlaciona o ponto de ebulição de diferentes líquidos com o momento exato de sua condensação. Isso atende à necessidade de integração dos três níveis químicos propostos por Johnstone (1993), permitindo ao aluno transitar entre a observação macroscópica (a separação dos líquidos no béquer) e a interpretação microscópica (a ruptura das interações intermoleculares por ação do calor).

Por fim, o Referencial Metodológico (M) validou a eficácia visual do produto. A aplicação prática dos organizadores prévios de Ausubel (2003) no início de cada seção permitiu que o aluno ativasse seus conhecimentos cotidianos sobre misturas heterogêneas antes de confrontar a terminologia técnica de laboratório (Figura 4). A arquitetura visual limpa e a eliminação de elementos puramente decorativos — respeitando o princípio da coerência de Mayer (2021) — reduziram consideravelmente a carga cognitiva estranha ao processo de estudo. As cores funcionais guiaram a atenção do estudante diretamente para os pontos críticos de transformação da matéria (como a zona de condensação ou a deposição do sólido sedimentado), resultando em um material com alta acessibilidade cognitiva e potencial de engajamento prático.

Figura 5. Alunos executando a atividade proposta (separação de misturas) através do Guia elaborado através do Método CTM3.



Fonte: Os autores

5. CONCLUSÃO

A aplicação do Método CTM3 para a criação do *Guia Visual Interativo de Separação de Misturas* mostrou-se uma estratégia altamente viável e robusta para o campo da transposição didática. Ao amalgamar a Concepção do Produto (C), o Rigor Teórico da Química

(T) e o Referencial Metodológico do Design Instrucional (M), o método preenche com sucesso a lacuna existente entre o conhecimento científico abstrato e a prática pedagógica de sala de aula. O material produzido mitiga a sobrecarga cognitiva e atua diretamente na tríade do pensamento químico, apresentando-se como uma ferramenta promotora da aprendizagem significativa.

Para além do desenvolvimento do material, sua implementação prática exige um ecossistema de avaliação que dialogue com os princípios de Ausubel e Mayer. Desse modo, sugere-se que os professores avaliem o uso desse recurso didático em sala de aula por meio de três abordagens complementares:

- Avaliação Formativa por Mapas Conceituais: Antes e após o uso do guia visual, os estudantes devem construir mapas conceituais focados nas propriedades físicas (densidade, solubilidade, ponto de ebulição) que determinam a escolha de cada técnica de separação (Figura 6). A evolução na estrutura hierárquica e a riqueza das conexões estabelecidas servirão como indicadores diretos da ocorrência de aprendizagem significativa (MOREIRA, 2012). A Figura 4 indica uma proposta de estrutura hierárquica ideal para o mapa conceitual sobre separação de misturas. O diagrama ilustra a diferenciação progressiva a partir do conceito inclusor raiz, mediada pelas propriedades físicas da matéria que determinam a escolha e a aplicação de cada técnica correspondente (MOREIRA, 2012).

Figura 6. Adaptado com base nos critérios de avaliação formativa e aprendizagem significativa de Moreira (2012).



Fonte: Moreira (2012)

- Avaliação Baseada em Problemas (PBL): Propor situações-problema do cotidiano ou industriais (como o processo de reciclagem de plásticos de diferentes densidades ou a contaminação de um lençol freático por óleo) e solicitar que os alunos utilizem o guia visual para desenhar e justificar o fluxo de separação ideal. Isso avalia a capacidade de transferência do conhecimento e a articulação entre os níveis macroscópico e microscópico.
- Avaliação de Usabilidade e Carga Cognitiva: Aplicar um questionário rápido baseado na escala Likert (adaptado do modelo de avaliação de carga cognitiva de Sweller/Mayer) para coletar as percepções dos estudantes sobre a clareza das sinalizações visuais, a facilidade de navegação no PDF interativo e o nível de esforço mental exigido pela leitura do material.

A sistemática do Método CTM3, portanto, não se esgota no produto, mas estende-se à renovação das dinâmicas de ensino, fornecendo ao docente um suporte visual estruturado que estimula a autonomia, o engajamento e a alfabetização científica dos discentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, David Paul. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Universitária, 2003.

FILATRO, Andrea. Design Instrucional na prática. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2018.

JOHNSTONE, Alex H. The development of chemistry teaching. *Journal of Chemical Education*, v. 70, n. 9, p. 701-705, 1993.

MAYER, Richard E. *Multimedia Learning*. 3. ed. New York: Cambridge University Press, 2021.

MOREIRA, Marco Antonio. A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula. Brasília: Editora da UnB, 2012.

MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta; ROMANELLI, Lilavate Izapovitz. A proposta curricular de Química do Estado de Minas Gerais. *Química Nova na Escola*, n. 11, p. 10-17, 2000.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Ángel Gómez. A Aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. Porto Alegre: Artmed, 2009.

SANTOS, Giancarlo et al. O Método CTM3: Gestão, Difusão e Design da Comunicação Científica. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 13, n. 1, p. 145-162, 2020.

TUFTE, Edward Rolf. *Beautiful Evidence*. Cheshire: Graphics Press, 2006

¹ Docente do Curso Superior de Engenharia Química da Universidade Brasil, Campus de Fernandópolis-SP. Doutor em Química pelo Instituto de Química UNESP, Campus de Araraquara-SP.