

Diagnóstico do pensamento teórico-sistêmico de licenciandos em Química na Didática Desenvolvimental: contribuições da Escola de P. Ya. Galperin

Diagnosis of the theoretical-systemic thinking of pre-service Chemistry teachers in Developmental Didactics: Contributions from the School of P. Ya. Galperin

*Luiz Fernando Pereira*¹

*Isauro Beltrán Núñez*²

RESUMO

Na Didática Desenvolvimental, com base nas contribuições de P. Ya. Galperin e de sua escola, destaca-se a importância do pensamento teórico-sistêmico dos professores na resolução de situações-problema que exigem a elaboração de uma orientação como elemento estrutural da atividade intelectual do pensamento profissional docente, essencial à formação e ao desenvolvimento do pensamento científico dos estudantes da educação básica nas aulas de Química. Neste trabalho, objetivou-se caracterizar os níveis de pensamento teórico-sistêmico de licenciandos em Química ao justificarem a ocorrência ou não de reações químicas. Para esse fim, realizou-se uma pesquisa baseada na metodologia de caracterização do pensamento profissional docente, desenvolvida por Núñez, Ramalho e Pereira (2024), fundamentada nos estudos de Galperin (2023) sobre a formação das ações intelectuais e dos conceitos. Como instrumento de coleta de dados, utilizou-se uma prova pedagógica composta por duas questões. Os resultados da análise indicam que, embora os licenciandos compreendam o

ABSTRACT

In Developmental Didactics, based on the contributions of P. Ya. Galperin and his school, the importance of teachers' theoretical-systemic thinking is emphasized in solving problem situations that require the elaboration of an orientation as a structural element of the intellectual activity of professional teaching thinking, which is essential for the formation and development of scientific thinking among basic education students in Chemistry classes. This study aimed to characterize the levels of theoretical-systemic thinking of Chemistry preservice teachers when justifying the occurrence or non-occurrence of chemical reactions. To this end, a study was conducted based on the methodology for characterizing professional teaching thinking developed by Núñez, Ramalho, and Pereira (2024), grounded in Galperin's (2023) studies on the formation of intellectual actions and concepts. As a data collection instrument, a pedagogical test composed of two questions was used. The results of the analysis indicate that, although the preservice teachers understand the meaning of the parameters of a chemical

¹Doutor em Ensino de Ciências e Matemática no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (PPGECM-UFRN). Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2247-3717>. E-mail: luizfernandoifrn@hotmail.com.

²Doutor em Ciências Pedagógicas pela Universidade de Havana. Professor Titular do Centro de Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3224-4694>. E-mail: isaurobeltran@yahoo.com.br.

significado dos parâmetros de uma reação química quando interpretados separadamente, apresentam dificuldades em integrá-los e em justificar, de forma sistêmica, a ocorrência de reações em determinadas condições. Tais resultados sugerem baixos níveis de pensamento teórico-sistêmico entre os participantes da pesquisa no que se refere à justificativa da ocorrência ou não de reações químicas, o que evidencia a importância de considerar o desenvolvimento do pensamento teórico-sistêmico como objeto de formação intencional e consciente no processo de formação e profissionalização docente, especialmente em perspectivas formativas voltadas à potencialização da formação intelectual dos professores.

Palavras-chave: Pensamento Teórico-Sistêmico. Enfoque Sistêmico. Diagnóstico. Reações Químicas. Didática Desenvolvimental.

reaction when interpreted separately, they experience difficulties in integrating them and in systematically justifying the occurrence of reactions under certain conditions. These results suggest low levels of theoretical-systemic thinking among the research participants regarding the justification of the occurrence or non-occurrence of chemical reactions, highlighting the importance of considering the development of theoretical-systemic thinking as an object of intentional and conscious formation within the process of teacher education and professionalization, especially in educational perspectives aimed at enhancing teachers' intellectual development.

Keywords: Theoretical-Systemic Thinking. Systemic Approach. Diagnosis. Chemical Reactions. Developmental Didactics.

1 Introdução

Muitos estudos no campo da educação em Química, no contexto escolar, têm enfatizado que o pensamento sistêmico constitui uma forma de pensamento teórico de grande relevância, que deve ser desenvolvido para a compreensão dos conteúdos de Química sob uma perspectiva holística e integradora, coerente com a própria natureza do objeto de estudo dessa ciência (Hrin *et al.*, 2016; Núñez; Silva, 2019; Pereira, 2024).

Esse tipo de pensamento possibilita explicar o comportamento de substâncias e materiais em função de sua estrutura complexa e sistêmica, que demanda a mobilização de um pensamento conceitual de caráter teórico-sistêmico. Não obstante, diversas pesquisas têm constatado, como argumentam Hrin *et al.* (2016) e Pereira (2024), a compreensão limitada, por parte de estudantes e professores, acerca de sistemas complexos e do domínio do pensamento conceitual teórico-sistêmico nas aulas de Química em diferentes níveis de escolaridade.

Vários problemas relacionados à aprendizagem de Química no Ensino Médio, como o excesso e a fragmentação dos conteúdos; o formalismo conceitual, que favorece os processos de memorização; a falta de uma visão da complexidade

dos processos químicos, dentre outros, podem ser enfrentados e superados, na opinião de Mahaffy *et al.* (2018), por meio de abordagens que favoreçam o desenvolvimento do pensamento teórico-sistêmico dos estudantes. Assim, os autores enfatizam que a reorientação do ensino de Química, por meio desse pensamento, pode beneficiar a aprendizagem dos estudantes e ampliar o impacto da Química como ciência em favor da sociedade, fortalecendo ainda mais sua já considerável capacidade de contribuir para a resolução de problemas globais e para a promoção do desenvolvimento sustentável do planeta.

Na Escola Teórica de P. Ya. Galperin, a questão da aprendizagem que potencializa o desenvolvimento cultural (psicológico) dos estudantes constitui uma ideia estruturante para o desenvolvimento do pensamento teórico-sistêmico, o que levou à configuração do Sistema Galperin-Talízina como uma perspectiva da Didática Desenvolvimental. Esse sistema, segundo Núñez, Pereira e Barros (2024), não se limita a N. F. Talízina e P. Ya. Galperin, mas inclui toda uma escola, com as contribuições de L. F. Obukhova, Z. A. Reshetova, N. G. Sálmina, A. I. Podolskiy, V. V. Davidov, N. N. Nechaev e A. N. Zhdan, dentre outros.

De acordo com Reshetova (2017), o ensino desenvolvimental pressupõe a reestruturação da atividade de aprendizagem do estudante, sua gestão e a formação de novos motivos, objetivos, meios e métodos. Nele, deve-se propiciar a formação de um novo método da atividade intelectual para a aprendizagem de objetos culturais, projetado no sistema de ensino, como condição para o desenvolvimento da personalidade consciente, criativa e harmônica dos estudantes.

Ao estudar as relações entre ensino e desenvolvimento intelectual dos estudantes no contexto escolar, Galperin (2023) estabeleceu tipos de ensino relacionados à natureza e às características da base orientadora da ação (BOA), constatando-se, em várias pesquisas, como as de Talízina (1993) e Reshetova (1987), ser a BOA do tipo III a mais adequada, pela forma independente de obtenção pelo estudante, por seu alto grau de generalização, ou seja, aplicável a uma ampla família de situações-problema, e por sua completude em relação ao conteúdo. Para Talízina (1993), o terceiro tipo de BOA apresenta grande interesse

para pesquisadores, na medida em que possibilita ao professor compreender a natureza psicologicamente significativa da relação entre aprendizagem e desenvolvimento intelectual do estudante bem como criar um conjunto de condições psicológicas para a formação do pensamento teórico-sistêmico.

Reshetova (2002) entende que a base para o desenvolvimento integral da personalidade do estudante não está no domínio de um amplo espectro de conhecimentos versáteis, mas na forma de sua assimilação e nas possibilidades para o pensamento, os quais permitem compreender o objeto de estudo em sua totalidade, como um sistema de conceitos científicos que cristalizam a experiência social e histórica e estabelecem a estrutura de generalização. Essa estrutura fornece um nível teórico-científico do conteúdo do conhecimento, a fim de gerenciar, de forma consciente, atividades de aprendizagem do estudante no desenvolvimento diversificado da cultura e na transformação do mundo. Ao estudar os tipos de BOA e seus efeitos no desenvolvimento intelectual, Reshetova (2017) também chegou à conclusão do efeito positivo da estruturação sistêmica da orientação do tipo III e, conseqüentemente, dos conteúdos da disciplina como necessários à Didática Desenvolvimental no Sistema Galperin-Talízina. A organização sistêmica da orientação tipo III e dos conteúdos fundamenta-se, dessa forma, na natureza sistêmica do pensamento teórico (Galperin, 2023).

Um aspecto importante na aprendizagem da Química é a formação do pensamento teórico sob a forma de generalizações científicas, expressas pelos princípios de uma abordagem sistêmica do objeto do conhecimento, sendo esta considerada a base metodológica para a organização dessa disciplina e da atividade teórica voltada ao estudo dos conteúdos como sistema. A essa característica do pensamento teórico, Reshetova (2002) denomina sistêmica. Núñez e Silva (2019) alertam para o fato de que a formação do pensamento teórico-sistêmico dos estudantes da educação básica está diretamente relacionada, entre outros fatores, à formação de professores, uma vez que parte das dificuldades apresentadas pelos estudantes, no desenvolvimento desse tipo de pensamento, nas aulas de Química, decorre também das práticas de ensino adotadas pelos docentes.

Uma vez que, na Didática Desenvolvimental, o professor tem como atividade principal criar condições, organizar e gerenciar a boa aprendizagem do estudante, visando ao desenvolvimento intelectual e da personalidade de forma harmônica e integral, segundo Núñez (2026), a formação inicial de professores deve contribuir para o desenvolvimento desse pensamento nos futuros docentes. Por essa razão, o estudo dos níveis de pensamento teórico-sistêmico de professores, nos processos de formação inicial, possui relevância nas pesquisas relacionadas à educação química, sob a perspectiva da Didática Desenvolvimental na Escola de Galperin, como argumentam Núñez, Pereira e Barros (2024).

Considerando essa importância, este trabalho busca responder à seguinte pergunta de pesquisa: quais os níveis de desenvolvimento do pensamento teórico-sistêmico de licenciandos em Química, em fase de conclusão do curso, quando justificam a ocorrência de determinadas reações químicas?

A pesquisa pode contribuir para o debate sobre a formação inicial de professores, no sentido de repensar e organizar, quando necessário, processos orientados à formação do pensamento teórico-sistêmico docente, sob o referencial teórico abordado.

2 O enfoque sistêmico e o pensamento teórico-sistêmico relativo às reações químicas na Didática Desenvolvimental da Escola de Galperin

Na Didática Desenvolvimental, no contexto da Escola de Galperin, o enfoque sistêmico configurou-se como uma abordagem voltada a atender às particularidades da base orientadora do tipo III, caracterizada por Galperin. De acordo com Talízina (1993), ao estruturar os conteúdos de ensino de acordo com esse tipo de orientação, torna-se necessário adotar uma abordagem sistêmica do objeto de estudo. Essa abordagem permite ultrapassar o nível empírico e descritivo, contribuindo para que o estudante compreenda as leis e relações essenciais que estruturam o objeto (sistema de conceitos) a ser assimilado, favorecendo, assim, a formação de um pensamento teórico-sistêmico. Dentro da Escola de Galperin, essas modificações na estruturação dos conteúdos foram realizadas com base em diferentes enfoques: o Sistêmico

Genético de N. G. Sálmina e o Sistêmico Funcional-Estrutural de Z. A. Reshetova. Na pesquisa de Núñez (1992), há uma combinação desses dois enfoques para o ensino de Química.

Segundo Galperin (1986; 2021), a orientação é a imagem mental que o sujeito elabora diante de situações-problema, que torna possível avaliá-las e elaborar uma estratégia de ação para solucioná-las com base nas circunstâncias (imagem do campo de ação) e, ainda, durante o processo de resolução, corrigir e regular a ação intelectual que realiza. Assim, a ação intelectual a ser realizada com o conceito depende essencialmente do tipo de orientação que o sujeito elabora, a qual, segundo Galperin (2001), pode assumir diferentes tipos, dependendo do método de sua elaboração, do grau de generalização e do grau de detalhamento dos elementos que a compõem.

Dentre os tipos de orientação identificados por Galperin (2001), a orientação do tipo III caracteriza-se por permitir ao sujeito a elaboração, de forma independente, de uma imagem completa da ação com alto grau de generalização e detalhamento, o que possibilita uma ampla transferência para outras situações e favorece uma rápida formação do pensamento teórico-sistêmico.

No Enfoque Funcional-Estrutural de Z. A. Reshetova, o sistema de conhecimentos teóricos, entendido como corpo teórico ou núcleo conceitual do conteúdo de ensino, que permite caracterizar e explicar determinados objetos de estudo, organiza-se em um sistema hierárquico de conceitos teóricos (subsistemas) dentro do sistema como um todo (Reshetova, 2002). O Enfoque Funcional-Estrutural privilegia a identificação dos elementos de interação (subsistemas) e a determinação de sua estrutura interna, hierarquia, relações e funções no funcionamento do sistema como um todo complexo e integrado. A ênfase está na caracterização dos elementos constitutivos e as conexões que estes estabelecem no sistema. Reshetova (1987) explica que, nessa perspectiva, o objeto de estudo passa a ser compreendido pelo estudante como uma totalidade dotada de propriedades qualitativas específicas, com mecanismo próprio de constituição, formas diversas de manifestação, origem e desenvolvimento. Segundo a autora, o objeto se apresenta em sua lógica dialética, e o pensamento, sob essa lógica, também se torna dialético.

No entendimento de Núñez (1998), o principal vínculo a ser considerado nesse enfoque, como formador do sistema, é o funcional-estrutural. Essa concepção pressupõe o destaque das características funcionais estáveis de cada subsistema, denominadas por Talízina (1993) de invariantes, que representam os núcleos generalizadores, os quais constituem a essência do sistema de conceitos a ser assimilado e são necessários à resolução de um conjunto de situações-problema de uma determinada classe. Uma invariante, na concepção de Reshetova (2002), constitui a estrutura funcional estável de cada nível do sistema, a qual se mantém em uma variedade de casos particulares, considerados como variantes.

Núñez e Ramalho (2012) entendem que, no Enfoque Funcional-Estrutural, busca-se compreender a essência por meio da diversidade de fenômenos que a expressam. Para isso, o objeto de estudo é descrito em seu estágio mais desenvolvido, em sua totalidade, sendo evidenciadas sua composição e estrutura, as quais determinam seu modo de funcionamento dentro de um sistema mais amplo, como uma totalidade sistêmica.

Uma vez assimilado o método de análise sistêmica dos objetos, destacando seus elementos, conexões e inter-relações essenciais, o estudante pode utilizá-lo como um método geral de análise, aplicando-o a casos particulares, entendidos como variantes da invariante assimilada. Os conceitos formados durante o processo de ensino se integram ao conteúdo da base orientadora dos estudantes, possibilitando a análise de quaisquer variantes particulares de determinado objeto sistêmico (Talízina, 1993; Reshetova, 2017; Núñez; Pereira; Barros, 2024).

Núñez (2009) esclarece que, por meio do Enfoque Funcional-Estrutural, a organização do sistema de conceitos, a ser assimilado com base em núcleos generalizadores, evita a fragmentação e o acúmulo excessivo de conteúdos do componente curricular em questão, sem, contudo, reduzir a amplitude dos conhecimentos envolvidos. Ao permitir a resolução de um conjunto de situações-problema típicas de uma determinada classe, as invariantes promovem a ampliação dos conceitos estruturantes efetivamente assimilados,

como expressão da essência do sistema conceitual, que passam a integrar o pensamento teórico-sistêmico dos estudantes, favorecendo a formação do pensamento com os conceitos que se integram à base orientadora elaborada.

Talízina (1993) chama a atenção para o fato de que a construção do objeto de estudo, na forma de invariantes, permite evitar a sobrecarga dos currículos, ao aumentar sua capacidade de informação, uma vez que a assimilação do conhecimento invariante abre novas possibilidades fundamentais para a atividade cognoscitiva independente e para a construção de novos conhecimentos.

A abordagem sistêmica e a aprendizagem segundo o tipo III de orientação têm se mostrado vias que favorecem: a) um elevado nível de solidez dos conhecimentos; b) a ampla transferência das aprendizagens a novos contextos e áreas de conhecimento; c) uma maior motivação para a aprendizagem; d) a redução do tempo de aprendizagem dos conteúdos; e) uma atitude criativa dos estudantes — todas como características do pensamento teórico-sistêmico (Reshetova, 1983, 2017; Sálmina, 1989; Galperin, 1992, 1998; Núñez; Gonzalez, 1996; Vygotskaya; Rekhtman, 2012; Núñez; Silva, 2019).

O enfoque sistêmico, como método de gerenciamento da aprendizagem dos conteúdos, desenvolve-se segundo a dialética do geral para o singular, que encontra seu sentido no todo, conforme explica Reshetova (2004), constituindo uma via para a formação do pensamento teórico-sistêmico na Química como disciplina científica do currículo escolar.

2.1 O pensamento teórico-sistêmico sobre a reação química

A compreensão da reação química como um sistema, própria da natureza do objeto de estudo da Química como disciplina científica, é reconhecida por diversos pesquisadores, entre eles Núñez (1992), Vygotskaya e Rekhtman, (2012) e Hedesa (2014), que a caracterizam como um sistema complexo, constituído por subsistemas. Sua essência, segundo Núñez (1992), é sua estrutura e composição internas, as quais são determinantes para justificar a ocorrência das reações químicas bem como podem explicar a influência de

fatores como as condições necessárias para que ocorram, os fenômenos que as evidenciam, a energia envolvida, a velocidade com que se processam, o estado de equilíbrio e suas múltiplas aplicações.

Ao se determinar a essência como uma manifestação generalizada (com determinados limites de aplicação), é possível caracterizar a invariante das reações químicas como um modelo teórico-sistêmico. Seguindo a lógica de Talízina (1993), de Reshetova (2002) e de Núñez (1992), isso torna possível substituir o foco do estudo de cada diversidade de reações químicas particulares pelo estudo do conhecimento geral-essencial. As reações químicas particulares (e suas singularidades) são estudadas como um meio de dominar o geral-essencial característico do pensamento teórico-sistêmico.

Estudar as reações químicas sob uma abordagem teórico-sistêmica pressupõe considerar as múltiplas contradições entre os modelos teóricos que fundamentam a justificativa da ocorrência dos processos em diferentes condições. Ou seja, as limitações desses modelos, que não explicam determinados aspectos da reação química e, portanto, geram contradições em cada subsistema, o que demanda o estabelecimento de novas relações sistêmicas. Trata-se, portanto, de uma análise em nível teórico, que ultrapassa a descrição empírica dos fenômenos e busca compreender suas determinações internas, sua essência, de forma holística e complexa.

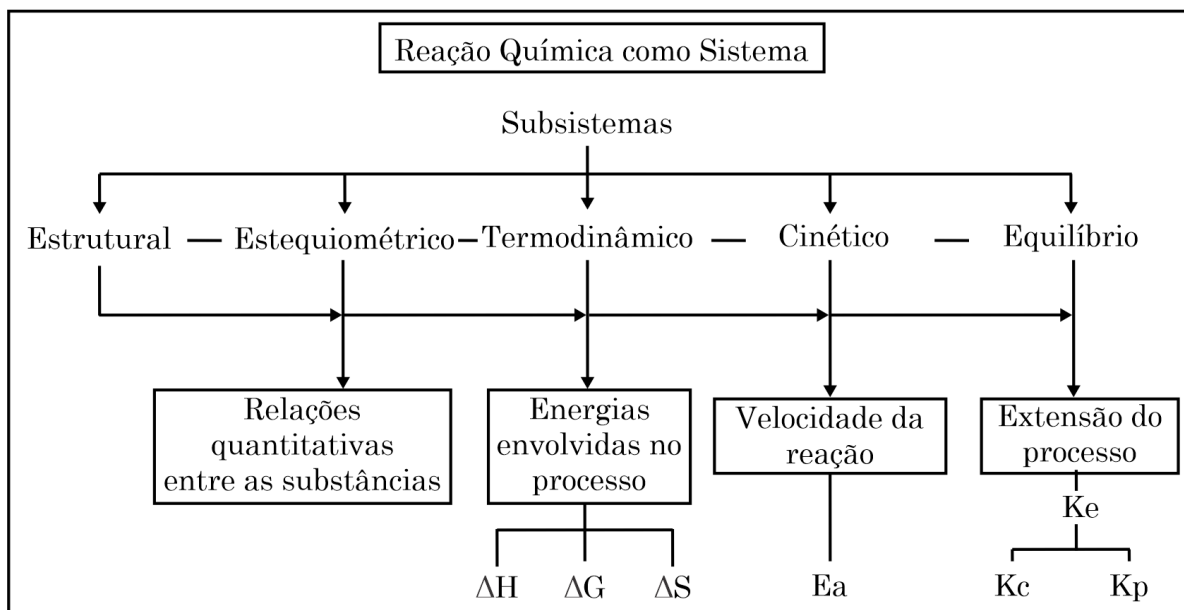
Em uma perspectiva teórico-sistêmica, Núñez (1992) entende a reação química como um processo global de transformação de substâncias sob determinadas condições, no qual se articulam os subsistemas da composição e estrutura das substâncias, da estequiometria, da termodinâmica, da cinética e do equilíbrio químico. Estes, segundo o autor, são subsistemas que não podem ser desvinculados na compreensão integrada da reação.

Baseado neste entendimento de Núñez (1992), Pereira (2024) define a reação química em uma perspectiva sistêmica como o processo de transformação de uma ou mais substâncias (ou materiais iniciais), em determinadas condições, no qual se produzem modificações estruturais dando origem a uma ou mais substâncias (ou materiais novos), que se combinam em

determinadas proporções constantes, caracterizado por alterações energéticas e por uma determinada velocidade e extensão.

A Figura 1 apresenta o conteúdo do conceito de reação química em uma perspectiva sistêmica, isto é, como um sistema complexo, integrado por subsistemas que se relacionam e se articulam de forma funcional numa invariante conceitual dos conteúdos para explicar o sistema como um todo.

Figura 1 – Representação do Sistema Conceitual da Reação Química como Sistema



Fonte: Pereira (2024)

O esquema conceitual apresentado na Figura 1, explicita as características necessárias e suficientes que compõem a invariante do conceito de reação química em uma perspectiva teórico-sistêmica. Reshetova (2002) explica que esse tipo de esquema conceitual sistêmico é a antítese de abordagens fragmentadas e meramente acumulativas, que carecem de uma unidade, uma totalidade teórico-sistêmica, em que embora os subsistemas que a compõem possam ser analisados mentalmente de forma isolada, necessitam ser compreendidos em sua articulação e integração, como um reflexo das suas propriedades sistêmicas.

Reshetova (2002) argumenta que a organização do objeto do conhecimento como um sistema, no caso, a reação química, pode ser descrita por duas linguagens: a das categorias de análise de sistemas e a dos conceitos

da Química como ciência. A linguagem da análise de sistemas destaca as categorias que designam suas propriedades sistêmicas (subsistema, elemento, nível, integridade, complexidade, conexões, organização, estrutura, hierarquia, coordenação, subordinação), as quais direcionam a revelação do objeto em sua forma mais geral como sistema. A linguagem da Química, como ciência, descreve teoricamente o conteúdo do objeto como sistema e o de cada um dos subsistemas e suas relações. Dessa forma, apresenta-se como um conhecimento generalizado no plano metodológico e, a partir daí, passa a ser organizado o sistema de conceitos.

O estudo da reação química sob o enfoque sistêmico possibilita sua compreensão como uma combinação de níveis relacionados, revelando as leis que regem a geração de toda a diversidade de fenômenos (reações químicas) possíveis, as propriedades essenciais do sistema e as leis que governam sua existência, seu funcionamento e seu desenvolvimento.

A análise sistêmica da reação, isto é, a integração de seus subsistemas — composição e estrutura das substâncias, quantidades das substâncias, termodinâmica (ΔG , ΔH , ΔS), cinética (E_a) e equilíbrio químico (K_c , K_p) — possibilita justificar se a reação ocorrerá ou não em determinadas condições, de modo a favorecer ou não esses processos em função de necessidades da tecnologia, das ciências e até do cotidiano. Núñez (1992) entende que esse tipo de análise permite estabelecer as condições mais adequadas (e, assim, otimizar o processo) para que uma reação possa ocorrer em determinadas condições. Nessa mesma perspectiva, Pereira (2024) afirma que essa abordagem pode potencializar o desenvolvimento da dimensão sistêmica do pensamento teórico, o qual é fundamental para a compreensão da Química como ciência.

De acordo com Núñez, Pereira e Barros (2024), o pensamento teórico é compreendido por Galperin como a orientação elaborada pelo sujeito para a atividade intelectual, direcionada para a resolução de situações-problema com base em conceitos teóricos, que permite planejar, executar, controlar/regular, valorar e corrigir o processo de solução do problema. A orientação conceitual, como dimensão funcional do pensamento teórico, revela-se como uma imagem orientadora, que

possui um determinado conteúdo (conceitos teóricos, sistema de ações e operações, condições e ferramentas) para a atividade e uma determinada estrutura que Galperin (1992) denominou de modelo operacional do pensamento.

Partindo dessa ideia, o pensamento teórico-sistêmico refere-se a uma orientação baseada em conceitos de natureza teórico-sistêmica, elaborada pelo estudante para resolver situações-problema que envolvem determinado grau de complexidade sistêmica. Nesse tipo de pensamento, os conceitos se articulam em um “macrossistema”, destacando as conexões formadoras do sistema entre eles, o que permite uma orientação sistêmica para formular, planejar e solucionar o problema, bem como para regular o processo.

Para Shragina (2011), uma pessoa que possui um nível adequado de pensamento teórico-sistêmico percebe, em qualquer objeto, um todo organizado em partes e busca compreender a ordenação dessas partes no conjunto, o que lhe permite dominar ferramentas do pensamento teórico, de caráter geral e universal, passíveis de transferência para diferentes áreas do conhecimento. Para a autora, o pensamento teórico-sistêmico configura-se como um estilo de pensamento oposto ao pensamento empírico. Como teórico-sistêmico, discute Shragina (2011), propõe-se considerar o pensamento cujo nível de desenvolvimento, na atividade de cognição do mundo por uma pessoa, permite estabelecer conexões entre objetos e fenômenos da realidade objetiva, identificar padrões para prevê-los, produzi-los e explicá-los.

O pensamento teórico-sistêmico, pode ser definido como a orientação do sujeito para um tipo de atividade cognoscitiva, analítica e consciente, em que o sujeito, ao interiorizar determinado objeto da realidade, o faz na forma de um sistema. Nesse processo, são evidenciadas as propriedades e relações sistêmicas entre os elementos (sua invariante) que o constituem. O pensamento teórico-sistêmico relativo à reação química, constitui uma imagem orientadora do tipo III (necessariamente sistêmica), de um conteúdo conceitual sistêmico (modelo do objeto) e a de um sistema de ações e operações (modelo da ação). A articulação entre essas duas dimensões (conceitual e operacional) torna possível compreender, planejar e resolver situações-problema sistêmicas, isto é, que demandam o pensamento teórico-sistêmico para sua resolução.

Considerando os estudos de Núñez (1992), Reshetova (2002) e Pereira (2024), estabeleceu-se um modelo do pensamento teórico-sistêmico para a ação intelectual de justificar reações químicas como sistema, bem como o sistema de ações e operações necessárias aos conceitos sistêmicos modelados na invariante, que configura o modelo da ação. Esse modelo de pensamento, apresentado no Quadro 1, como expressão de uma orientação do tipo III (Esquema da Base Orientadora Completa da Ação — EBOCA), pode referenciar o diagnóstico e a formação do pensamento teórico-sistêmico.

Quadro 1 – Modelo operacional do pensamento teórico-sistêmico: ação de justificar, de forma sistêmica, se as reações químicas ocorrem

Modelo do Objeto	Modelo da ação	
	Ações	Operações
Justificar as reações químicas como sistema é elaborar e relacionar, de forma dialética, argumentos que permitam compreender, de modo teórico-sistêmico, porque a reação química, sob determinadas condições, ocorre ou não.	Interpretar	Ação 1. Interpretar as informações relacionadas a cada subsistema na base de modelos teóricos da Química. O1 – Interpretar a reação em termos termodinâmicos (ΔG ; ΔH ; ΔS); O1.1 – Interpretar o valor do parâmetro ΔG ; O1.2 – Interpretar o valor do parâmetro ΔH ; O1.3 – Interpretar o valor do parâmetro ΔS ; O2 – Interpretar a reação em termos cinéticos; O3 – Interpretar a reação em termos do equilíbrio químico K_e (K_c ou K_p).
	Relacionar	Ação 2. Relacionar os diferentes subsistemas em uma perspectiva dialética. O1 – Elaborar um argumento a partir da relação entre o subsistema termodinâmico e o cinético; O2 – Elaborar um argumento a partir da relação entre o subsistema cinético e o do equilíbrio.
	Sintetizar	Ação 3. Sintetizar os argumentos da ação 2 e justificar de forma sistêmica a ocorrência ou não da reação nas condições dadas. O1 – Sintetizar os argumentos da ação 2 e justificar de forma sistêmica a ocorrência ou não da reação nas condições dadas.

Fonte: Pereira (2024)

É necessário enfatizar que o modelo operacional do pensamento teórico-sistêmico da ação de justificar, de forma sistêmica, se as reações químicas ocorrem, deve garantir ao sujeito:

- ter consciência da natureza, da estrutura e da composição do sistema (a reação química), que se revela como invariante para pensar, de forma sistêmica, um extenso número de reações químicas;
- compreender e pensar segundo os nexos que se estabelecem entre os subsistemas, tomando consciência da necessidade de sua integração para responder à situação-problema que demanda o pensamento teórico-sistêmico.

O modelo do objeto (o significado conceitual da reação química como sistema) e o modelo da ação (o sistema de operações da ação de justificar a reação química como sistema, conforme definido neste artigo) possibilitam resolver um conjunto de situações-problema sistêmicas representativas de uma ampla classe de reações químicas.

3 Metodologia

O diagnóstico do pensamento teórico-sistêmico baseia-se na metodologia de caracterização do pensamento profissional docente, desenvolvida por Núñez, Ramalho e Pereira (2024), fundamentada nos estudos sobre a formação de ações intelectuais e conceitos de Galperin (2023). Neste trabalho, o pensamento em estudo é caracterizado como um produto da formação profissional de licenciandos de um curso de Licenciatura em Química, ou seja, como nível de desenvolvimento atual, segundo o conceito de Zona de Desenvolvimento Próximo de Vygotski.

A concepção de diagnóstico na qual se baseia a metodologia responde a uma perspectiva qualitativa-desenvolvimental, na qual o diagnóstico visa revelar, em hipóteses, a estrutura interna da atividade cognoscitiva do futuro professor de Química ao resolver determinadas tarefas de natureza sistêmica, orientadas à identificação de níveis de desenvolvimento intelectual relacionados ao conceito de reação química como sistema.

De acordo com a metodologia de Núñez, Ramalho e Pereira (2024), o estudo do pensamento teórico-sistêmico organiza-se nas seguintes etapas: a) definição da ação geral necessária ao pensamento teórico-sistêmico com base

no conceito de reação química como sistema; b) definição do modelo operacional da ação geral (EBOCA); c) elaboração de tarefas (prova pedagógica) de forma válida e confiável; d) aplicação da prova pedagógica; e) análise das respostas dos licenciandos segundo o modelo operacional do pensamento teórico utilizado como referência; f) caracterização do pensamento teórico-sistêmico dos licenciandos ao responderem às tarefas da prova pedagógica.

O modelo de pensamento (EBOCA), baseado no sistema teórico de Galperin, fornece um princípio metodológico-chave para analisar o nível de desenvolvimento do pensamento, uma vez que, como referência, possibilita caracterizar o pensamento que mobiliza o conceito teórico-sistêmico da reação química e de seus subsistemas, assim como as ações gerais pelas quais se realizam as relações sistêmicas que integram as partes para a solução da tarefa sistêmica. Dessa forma, o diagnóstico não se limita ao resultado da ação geral, mas busca compreender sua estrutura orientadora.

Participaram da pesquisa 12 licenciandos (identificados por códigos — L1 a L12 — para garantir o sigilo das informações), matriculados na disciplina Estágio Supervisionado de Formação de Professores para o Ensino Médio, ofertada no 8º e último período do curso presencial de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Campus Natal.

Como instrumento de coleta de dados, utilizou-se uma prova pedagógica composta por duas questões, apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Plano da Prova Pedagógica

Objetivo	Questão
Identificar e caracterizar o modelo do objeto conceitual (sistema de conceitos) dos licenciandos sobre cada um dos subsistemas da reação química.	Considere os valores dos seguintes parâmetros relacionados a reação de síntese da amônia. $\text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(g)} \quad T = 298\text{K} \quad P = 1 \text{ atm}$ $\Delta H_f^\circ = - 92 \text{ kJ/mol};$ $\Delta G_f^\circ = - 16 \text{ kJ/mol};$ $\Delta S_f^\circ = - 198,75 \text{ J/K}$ $K_p = 0,00001$ Admitindo-se ainda que a reação apresenta um elevado valor de energia de ativação na etapa lenta da reação, responda as questões que se seguem. Qual informação em relação a ocorrência ou não da reação fornece o valor de cada um desses parâmetros da reação?
Caracterizar as relações sistêmicas que os licenciandos estabelecem para justificar a ocorrência da reação química.	Utilizando todas as informações dos parâmetros apresentados abaixo de forma integrada, justifique por que nessas condições a produção de amônia não é factível na indústria? $\text{N}_{2(g)} + 3\text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(g)} \quad T = 298\text{K} \quad P = 1 \text{ atm}$ $\Delta H_f^\circ = - 92 \text{ kJ/mol};$ $\Delta G_f^\circ = - 16 \text{ kJ/mol};$ $\Delta S_f^\circ = - 198,75 \text{ J/K}$ $K_p = 0,00001$ Elevado valor da energia de ativação na etapa lenta da reação

Fonte: Pereira (2024)

Na questão 1, os licenciandos deveriam atribuir significado aos valores dos parâmetros dos subsistemas e indicar quais informações poderiam ser obtidas a partir de cada um deles. A questão possibilitou analisar e caracterizar significados atribuídos a dimensão conceitual do pensamento teórico-sistêmico, isto é, o conteúdo conceitual que integra a imagem orientadora dos licenciandos e caracteriza o modelo do objeto do diagnóstico.

A resposta foi classificada como correta (C) quando o parâmetro (ΔH , ΔS , ΔG , K_p e E_a) era interpretado adequadamente, ou seja, eram atribuídos significados corretos a cada um deles; incorreta (I), quando o parâmetro não era interpretado corretamente; ou não respondida (NR). Com base na análise das respostas, estabeleceram-se critérios de qualidade organizados em três níveis: “alto” (A), quando todos os parâmetros eram interpretados corretamente; “médio” (M), quando apenas um dos cinco parâmetros era interpretado de forma incorreta; e “baixo” (B), quando dois ou mais parâmetros eram interpretados de forma incorreta. Nessas categorias, constata-se a

dimensão qualitativa, pois imprecisões na interpretação de um parâmetro produzem erros que levam, inquestionavelmente, a interpretações inadequadas do sistema.

A questão 2 apresentava uma situação-problema de natureza sistêmica, na qual os licenciandos deveriam justificar se a reação de síntese da amônia ocorreria, nas condições dadas, estabelecendo, para esse propósito, relações entre os subsistemas a fim de elaborar uma orientação teórico-sistêmica, integrada, para a solução da tarefa, o que é revelador do pensamento teórico-sistêmico em estudo. Essa questão exigia três ações essenciais do modelo operacional do pensamento teórico-sistêmico de referência, relacionadas aos subsistemas da reação (cinético, termodinâmico e de equilíbrio): interpretar as informações relativas a cada subsistema com base em modelos teóricos da Química; relacionar os diferentes subsistemas em uma perspectiva sistêmica, reconhecendo as potencialidades e limitações de cada um; sintetizar os argumentos e justificar, de forma teórico-sistêmica, a ocorrência ou não da reação nas condições dadas.

Foram estabelecidos três níveis de qualidade do pensamento sistêmico para as respostas dos licenciandos, com base nas ações realizadas: “alto” (A), quando as ações de interpretar, relacionar e sintetizar eram realizadas adequadamente na justificativa da solução da tarefa; “médio” (M), quando as ações de interpretar e relacionar eram realizadas corretamente; e “baixo” (B), quando a ação de interpretar não era realizada corretamente, as relações estabelecidas eram inadequadas, assim como a síntese sistêmica da resposta ao problema. A presença ou ausência dessas ações e operações nas respostas é um indicador dos níveis de pensamento teórico-sistêmico dos licenciandos ao justificarem a reação apresentada.

Segundo as orientações de Núñez, Ramalho e Pereira (2024), a validade e a confiabilidade da prova pedagógica e dos resultados obtidos são confirmadas pela fundamentação teórica do problema de pesquisa, pela adequação da metodologia aos seus objetivos e pela definição de critérios de qualidade do objeto de estudo, discutidos e validados por um pesquisador experiente na temática em estudo.

A análise das respostas dos estudantes às duas questões da prova pedagógica permitiu caracterizar tanto a dimensão conceitual teórico-sistêmica, expressa na interpretação dos parâmetros dos subsistemas da reação, quanto a ação geral de justificar a reação química como sistema, evidenciada na articulação entre os subsistemas e na síntese dos argumentos apresentados na justificativa elaborada, tendo como referência o modelo operacional do pensamento (EBOCA).

Realizou-se também uma análise dos erros presentes nas respostas dos licenciandos, como forma de caracterizar o pensamento teórico-sistêmico, considerando que os erros, segundo o sistema teórico de Galperin (2023), podem estar relacionados a orientações inadequadas para a resolução das situações-problema propostas.

4 Os níveis de desenvolvimento do pensamento teórico-sistêmico dos licenciandos em Química sobre as reações químicas

Os resultados do estudo e suas análises são apresentados segundo os objetivos formulados, relacionados às questões da prova pedagógica, ou seja, caracterizar os níveis de desenvolvimento do pensamento teórico-sistêmico de futuros professores de Química na fase de conclusão da formação inicial.

A primeira questão da prova pedagógica apresentou parâmetros que permitem caracterizar os subsistemas de uma reação química: termodinâmico, cinético e equilíbrio, que constituem objeto de estudo no curso de Química e são necessários ao pensamento teórico-sistêmico em estudo. A questão incluiu itens cujas respostas evidenciavam o significado conceitual atribuídos pelos licenciandos ao sistema de conceitos que compõem a definição de reação química como um sistema, entendido como uma das linguagens necessárias para descrever o conteúdo do objeto de estudo. Foram avaliados os significados que os licenciandos atribuíram a cada parâmetro (ΔH , ΔS , ΔG , E_a , K_p).

No Quadro 3, apresenta-se a avaliação dos significados conceituais atribuídos pelos licenciandos aos subsistemas definidos, classificados como corretos (C), incorretos (I) ou não respondeu (NR). Apresenta-se também uma

avaliação global que integra e caracteriza os níveis de qualidade das respostas à questão, os quais, como descrito na metodologia, foram categorizados como: “alto” (A), quando o licenciando atribuiu corretamente o significado conceitual a todos os subsistemas; “médio” (M), quando não atribuiu corretamente o significado de um dos subsistemas; e “baixo” (B), quando não atribuiu corretamente o significado de dois ou mais subsistemas.

Quadro 3 – Níveis de qualidade das respostas dos licenciandos

Licenciando	ΔH	ΔS	ΔG	K_p	E_a	Níveis de Qualidade
L1	C	C	C	C	C	A
L2	C	C	C	C	C	A
L3	NR	NR	NR	NR	NR	—
L4	C	I	C	C	C	M
L5	I	I	C	C	C	B
L6	C	C	C	C	C	A
L7	C	C	C	C	C	A
L8	C	C	C	C	C	A
L9	C	I	I	C	I	B
L10	C	C	C	C	C	A
L11	C	C	C	C	C	A
L12	C	C	C	C	C	A

Fonte: Pereira (2024)

De acordo com os dados apresentados no Quadro 3, oito licenciandos apresentaram respostas corretas para todos os parâmetros dos subsistemas da reação química, razão pela qual aparecem no nível “alto” (A).

Esse resultado mostra o domínio do significado desses termos por parte dos licenciandos para a interpretação dos valores dos subsistemas ΔH , ΔS , ΔG , E_a e K_p , nas condições dadas. Os licenciandos conseguem explicitar que ΔH se refere à liberação de energia, na forma de calor, no processo de transformação química, que $\Delta G < 0$ indica que a reação é espontânea, e que K_p informa a extensão, isto é, o grau de favorecimento dos produtos ou reagentes de uma reação em equilíbrio.

ΔH informa o caráter endotérmico ou exotérmico da reação. Nesse caso a reação ocorre com liberação de energia (L7, 2022).

$\Delta G < 0$ informa que o processo de formação da amônia é espontâneo (L2, 2022).

A constante de equilíbrio em termos de pressão (K_p) = 0,00001 corresponde a um equilíbrio que tende na direção dos reagentes. Isto reafirma que a reação só ocorre em condições determinadas de pressão e temperatura (L8, 2022).

L4 interpretou incorretamente o valor de ΔS , razão pela qual foi classificado no nível “médio” (M). Dois licenciandos apresentaram dificuldades em responder corretamente à questão, sendo classificados no nível “baixo” (B): L5 e L9, respectivamente. Conforme indicado no Quadro 3, L3 não respondeu essa questão.

Sobre os erros conceituais dos licenciandos, no diagnóstico dos níveis de pensamento teórico-sistêmico, faz-se relevante identificá-los e caracterizá-los, uma vez que podem se relacionar com dificuldades de aprendizagem. Os erros identificados nas respostas foram analisados devido à sua importância no estudo do pensamento teórico-sistêmico, pois, como explica Galperin (2002), eles podem refletir orientações inadequadas para solucionar situações-problema.

Os licenciandos L4, L5 e L9 cometeram erros em suas respostas ao associar a espontaneidade da reação ao valor negativo de ΔH° ; ao associar o valor de $\Delta S_f^\circ = -198,75 \text{ J/K}$ a uma elevada organização dos reagentes; ao relacionar o valor negativo de ΔS° , na equação de Gibbs, a um ΔG° positivo; ao indicar que ΔS° informa a temperatura da reação; ao afirmar que ΔG° fornece os valores de entalpia, entropia e temperatura da reação; e ao indicar que E_a informa a constante de equilíbrio e a temperatura da reação.

Dos seis erros dos licenciandos, cinco estão vinculados ao subsistema da termodinâmica, sendo três deles decorrentes da interpretação incorreta do valor de ΔS° .

Informa que é necessário realizar trabalho para que a reação ocorra, tendo em vista que como o valor é negativo, logo os reagentes possuem elevada organização (L4, 2022).

Valor negativo de ΔH° indica que a reação é espontânea (L5, 2022).

Inserindo o valor de ΔS° negativo na equação de Gibbs, fornecerá um ΔG° positivo. Assim, sendo uma reação não espontânea (L5, 2022).

Como apresentado, L4 relaciona incorretamente o valor $\Delta S_f^\circ = -198,75 \text{ J/K}$ a uma elevada organização dos reagentes. Esse erro decorre do fato de que a entropia representa o grau de desordem, ou aleatoriedade, do sistema, que diminui à medida que a amônia é formada, o que ocorre porque a entropia das moléculas reagentes (N_2 e H_2) é maior em comparação à das moléculas do produto NH_3 .

L5, em sua resposta, associa erroneamente o valor negativo de ΔH° à espontaneidade da reação, um erro que aparece com frequência em diversos estudos, como o de Johnstone, MacDonald e Webb (1977), que investigou o entendimento de 98 estudantes e revelou que grande parte compreendia que reações endotérmicas não podem ocorrer espontaneamente.

Na outra resposta de L5, observa-se um erro na relação estabelecida entre o valor negativo de ΔS° e um ΔG° positivo na equação de Gibbs. Essa interpretação desconsidera que, em situações nas quais tanto ΔH° quanto ΔS° são negativos, o valor de ΔG° pode ser negativo, desde que o $T\Delta S$ seja menor em valor absoluto que ΔH° .

Os erros observados na questão 1 da prova pedagógica trazem importantes implicações para a justificativa da ocorrência ou não da reação química. Ao interpretar erroneamente o significado de um dos subsistemas (por exemplo, ao considerar que o ΔH indica a espontaneidade da reação), compromete-se a análise adequada da reação química como um sistema, tendo em vista a importância de cada um desses subsistemas na análise sistêmica e, conseqüentemente, na correta justificativa de que a reação irá ou não ocorrer nas condições dadas, assim como na possibilidade de influenciar o processo.

Em um processo formativo fundamentado no sistema teórico de Galperin, à luz do tipo III de orientação, além de se potencializar a aprendizagem, esta ocorre com o mínimo de erros, uma vez que o EBOCA, como modelo operacional de referência, permite regular o processo. Isso contribui para o desenvolvimento da criticidade do pensamento, possibilitando ao estudante valorar a situação, identificar erros conceituais e reconhecer informações inadequadas ao conceito. Dessa forma, os erros passam a integrar a autorregulação desenvolvida pelo

estudante no processo de resolução da situação-problema, isto é, na justificativa da reação química como sistema.

Justificar por que uma reação química ocorre ou não, sob a perspectiva do enfoque teórico-sistêmico, implica não apenas compreender os elementos estruturais (subsistemas) de forma separada mas também, fundamentalmente, integrar as relações que se estabelecem entre eles, produzindo novas qualidades sistêmicas próprias do objeto de estudo (a reação química), as quais não se explicam pelos subsistemas isolados.

Se, na questão 1 da prova pedagógica, os licenciandos deveriam explicitar a compreensão dos significados do conteúdo conceitual de cada subsistema da reação química como um sistema, na questão 2 buscou-se avaliar as ações para o estabelecimento de relações sistêmicas com esses conteúdos conceituais, como manifestação do pensamento teórico-sistêmico.

Na questão 2 os licenciandos, integrando os subsistemas da reação química, deveriam justificar a não ocorrência da síntese da amônia nas condições apresentadas. Ao resolver a situação-problema, os licenciandos precisariam interpretar os parâmetros característicos de cada subsistema e relacionar as informações, compreendendo as limitações de cada um e a necessidade de articular suas potencialidades bem como estabelecer novas relações conceituais de modo a promover o surgimento de novas qualidades de natureza sistêmica na ação de síntese, as quais permitem responder à situação-problema teórico-sistêmica.

No Quadro 4 apresentam-se os resultados das avaliações das ações e operações realizadas pelos licenciandos, ao responderem a questão 2 da prova pedagógica, classificadas em: corretas (C), parcialmente corretas (PC), incorretas (I) e ausentes (A), ou seja, operações que não foram executadas para responder a questão, tendo em vista o modelo do EBOCA tomado como referência para o pensamento teórico-sistêmico da pesquisa.

Quadro 4 – Ações e operações utilizadas pelos licenciandos ao justificar a não ocorrência da reação

Licenciando	Ação 01						Ação 02		Ação 03
	Interpretar						Relacionar		Sintetizar
	O1	O1.1	O1.2	O1.3	O2	O3	O1	O2	O1
L1	PC	A	C	A	C	C	C	C	A
L2	A	A	A	A	A	A	A	A	A
L3	A	A	A	A	A	A	A	A	A
L4	PC	A	C	A	C	C	C	C	A
L5	PC	C	A	A	C	A	C	A	A
L6	C	C	C	C	C	C	C	C	A
L7	PC	C	A	A	C	C	C	C	A
L8	A	A	A	A	A	A	A	A	A
L9	PC	C	A	A	A	A	A	A	A
L10	A	A	A	A	A	A	A	A	A
L11	PC	A	C	A	C	A	C	A	A
L12	PC	C	A	A	C	C	C	C	A

Fonte: Pereira (2024)

De acordo com o Quadro 4, no que se refere à ação de interpretar, L6 realizou todas as operações associadas a essa ação de forma correta (C). Ou seja, ele reconhece o significado conceitual-teórico dos parâmetros que caracterizam cada um dos subsistemas.

Nas respostas dos demais licenciandos, verificou-se que, além de operações ausentes (A), em especial a do parâmetro entropia, do subsistema da termodinâmica, havia operações parcialmente corretas, uma vez que apresentavam a interpretação de apenas alguns parâmetros da termodinâmica, como ΔG ou ΔH , negligenciando ΔS , que foi o parâmetro mais ausente nas interpretações dos licenciandos, estando presente apenas na resposta de L6.

Interpretar os parâmetros da reação, isto é, atribuir corretamente o significado conceitual a cada um dos subsistemas, é fundamental para a análise teórico-sistêmica, uma vez que a interpretação equivocada de qualquer um desses parâmetros compromete a análise de cada subsistema e sua função no todo.

A análise das respostas revela importantes aspectos do pensamento teórico-

sistêmico dos licenciandos. Elas evidenciaram a ausência da interpretação de parâmetros necessários para justificar a não ocorrência da reação de síntese da amônia nas condições apresentadas. Essa lacuna é visível nas respostas de L1, L7 e L12, nas quais nenhum deles faz referência correta ao valor de ΔS da reação.

Não é factível na indústria devido o baixo rendimento evidenciado pelo baixo K_p e o elevado valor de energia de ativação (reação bastante lenta). Utilizando esse mesmo parâmetro podemos ver que se aumentássemos a pressão, deslocaríamos o equilíbrio para a formação de amônia, aumentando o K_p . Só que o empecilho seria o aumento da temperatura, já que a reação inversa é endotérmica, fazendo assim o equilíbrio deslocar para os reagentes (L1, 2022).

Além de não fazer referência ao valor de ΔS , L1 também não interpreta o ΔG , parâmetro termodinâmico necessário para determinar a espontaneidade da reação nas condições apresentadas. A ausência desse parâmetro compromete a análise sistêmica da reação. Já L7 e L12 omitem, em suas respostas, o ΔH da reação, outro parâmetro necessário para justificar, de forma sistêmica, a ocorrência das reações químicas.

O fato de existir um elevado valor da energia de ativação e que não foi fornecido um catalizador adequado para diminuí-la, já é um fato declaratório da reação não ocorrer. A constante de equilíbrio para esses dados informa que não há progresso na reação para a formação da amônia. A reação de síntese da amônia ocorre a pressões e temperaturas elevadas e no caso dos dados a temperatura e pressão estão a valores ambientes. Apesar de um ΔG_r° negativo, que favorece a reação, essas condições não favorecem a produção industrial da amônia (L7, 2022).

Apesar da energia livre de Gibbs ser menor que zero e indicar uma espontaneidade e, portanto, um favorecimento termodinâmico para reação, vemos que o equilíbrio da reação, através do K_p , indica um favorecimento do equilíbrio das pressões parciais para os reagentes. Além disso, o alto valor de energia de ativação mostra que a reação é desfavorável cineticamente (L12, 2022).

A ação de relacionar exigiu dos licenciandos a elaboração de argumentos a partir da relação entre o subsistema termodinâmico e o cinético (O1) bem como entre o subsistema cinético e o de equilíbrio (O2). Na operação 1, sete licenciandos responderam corretamente (L1, L4, L5, L6, L7, L11 e L12), enquanto na operação

2, cinco (L1, L4, L6, L7 e L12) relacionaram corretamente o subsistema da cinética com o do equilíbrio químico. L2, L3, L8, L9 e L10 não estabeleceram relação entre nenhum dos subsistemas.

Relacionar de forma correta os subsistemas da reação, levando em consideração as contradições entre os modelos teóricos da química para justificar o todo, é uma característica essencial do pensamento teórico-sistêmico. Essa relação precisa ser estabelecida considerando que: 1) embora as reações químicas ocorram com diminuição da energia total do sistema, algumas, ainda que sejam exotérmicas, não são espontâneas nem ocorrem nas condições dadas; 2) embora algumas reações sejam espontâneas, não é possível observar a sua ocorrência em condições práticas (processos termodinamicamente favoráveis e cineticamente desfavoráveis); e, 3) apesar de algumas reações apresentarem baixa energia de ativação, no estado de equilíbrio a concentração dos produtos é relativamente baixa em comparação com a dos reagentes, o que exige uma síntese das contribuições de cada subsistema para explicar o processo como um sistema (Pereira, 2024).

Sintetizar implica elaborar uma justificativa sistêmica na qual os diferentes subsistemas da reação não aparecem de forma isolada, mas integrados em uma totalidade, considerando as relações estabelecidas e produzindo propriedades integrativas que possibilitam justificar se a reação ocorre ou não, em quais condições ocorre e se é observável na prática. A síntese possibilita a elaboração de argumentos consistentes e fundamentados para justificar a ocorrência ou não da reação, o que revela níveis do pensamento teórico-sistêmico como orientação do sujeito quando resolve uma determinada situação-problema de natureza teórico-sistêmica. No que se refere a essa ação, nenhum dos licenciandos sintetizou os argumentos elaborados nas relações estabelecidas entre os subsistemas para justificar, com base nas contradições entre a termodinâmica, a cinética e o equilíbrio, a não ocorrência da reação de produção da amônia nas condições apresentadas. O que revela dificuldades dos licenciandos em elaborar modelos explicativos para justificar a não ocorrência da reação de forma sistêmica.

Nenhum licenciando foi classificado no nível “alto”, visto que a totalidade dos participantes não sintetizou nem fundamentou sua justificativa nas

potencialidades e limitações (contradições) próprias dos subsistemas da reação, isto é, nas contradições dos modelos teóricos da termodinâmica, da cinética e do equilíbrio. L6, que realizou corretamente as ações de interpretar e relacionar, foi classificado no nível “médio”. Quanto aos demais licenciandos (L1, L2, L3, L4, L5, L7, L8, L9, L10, L11 e L12), estes foram classificados no nível “baixo”, pois não interpretaram corretamente as informações relativas aos subsistemas, estabelecendo, portanto, relações inadequadas e não realizando uma síntese sistêmica na resolução da situação-problema.

Considerações finais

Na Didática Desenvolvimental fundamentada no Sistema Galperin-Talízina (ou, preferencialmente, nos termos de Núñez, Pereira e Barros (2024), na Escola de Galperin), o pensamento teórico tem caráter sistêmico, o que permite a sua denominação como pensamento teórico-sistêmico, sendo resultado de uma formação intencional, consciente e regulada no contexto da boa aprendizagem.

O pensamento teórico-sistêmico relativo à reação química constitui um objetivo da educação química na Educação Básica. Consequentemente, a atividade de ensino do professor de Química deve estar voltada para a organização dos conteúdos e o uso de métodos de ensino que favoreçam esse pensamento nos estudantes, o que demanda uma adequada formação do professor para esse propósito, razão pela qual se deve dar atenção ao desenvolvimento do pensamento profissional docente. Dessa forma, o pensamento teórico-sistêmico deve constituir-se objeto da formação intencional e consciente ao longo do curso de Licenciatura em Química.

Os resultados apresentados neste artigo revelaram informações sobre os níveis de pensamento teórico-sistêmico dos participantes ao justificarem a ocorrência de reações químicas. Entre os principais aspectos identificados, destacam-se: dificuldades no estabelecimento de relações de integralidade entre os subsistemas; e, de forma geral, limitações para justificar a ocorrência das reações químicas com base nas contradições presentes nos modelos teóricos da Química.

Esses resultados indicam baixos níveis de pensamento teórico-sistêmico relativos à reação química, ou seja, dificuldades na resolução da tarefa proposta. Eles podem ser interpretados como decorrentes de bases orientadoras sistêmicas inadequadas para as ações exigidas, associadas a diversos fatores, entre os quais se sobressaem: a frequente fragmentação dos conteúdos (modelos teóricos) ligados ao estudo das reações químicas, nos cursos de formação de professores; e a pouca ênfase dada ao pensamento teórico-sistêmico como objeto de estudo. No campo da Química, esse tipo de pensamento é fundamental não apenas para compreender por que as reações químicas acontecem, mas também para apreender a disciplina em sua totalidade, dado que esse tema ocupa posição central nesse componente curricular.

Considera-se relevante a realização de novas pesquisas sob a perspectiva da Didática Desenvolvimental na Escola de Galperin, ressaltando a necessidade de diversificar os estudos sobre o diagnóstico do pensamento teórico-sistêmico, articulando as relações entre esse diagnóstico e novos processos de formação orientados ao desenvolvimento do pensamento profissional de futuros professores de Química, uma vez que o pensamento profissional do professor, como resultado do ensino formativo, desenvolvimental e profissional, influencia a qualidade da atividade de ensino.

A organização teórico-sistêmica dos conteúdos da atividade profissional possibilita um redesenho dos processos formativos ao articular as disciplinas, como subsistemas, ao objeto da formação entendido como um sistema complexo e dialético, de modo que cada disciplina desempenhe sua função na formação e no desenvolvimento do pensamento teórico-sistêmico de futuros professores de Química.

Considerando o contexto da pesquisa, caracterizado por um número reduzido de participantes e por encontros e atividades realizados remotamente, sugere-se a ampliação dessas investigações, bem como do número de tarefas diagnósticas, especialmente porque as pesquisas nessa abordagem ainda são incipientes no Brasil.

Diagnóstico del pensamiento teórico-sistémico de estudiantes de licenciatura en Química en la Didáctica Desarrolladora: contribuciones de la Escuela de P. Ya. Galperin

RESUMEN

En la Didáctica Desarrolladora, con base en las contribuciones de P. Ya. Galperin y de su escuela, se destaca la importancia del pensamiento teórico-sistémico de los profesores en la resolución de situaciones-problema que exigen la elaboración de una orientación como elemento estructural de la actividad intelectual del pensamiento profesional docente, esencial para la formación y el desarrollo del pensamiento científico de los estudiantes de la educación básica en las clases de Química. En este trabajo, se tuvo como objetivo caracterizar los niveles de pensamiento teórico-sistémico de estudiantes de licenciatura en Química al justificar la ocurrencia o no de reacciones químicas. Para ello, se realizó una investigación basada en la metodología de caracterización del pensamiento profesional docente, desarrollada por Núñez, Ramalho y Pereira (2024), fundamentada en los estudios de P. Ya. Galperin (2023) sobre la formación de las acciones intelectuales y de los conceptos. Como instrumento de recolección de datos, se utilizó una prueba pedagógica compuesta por dos preguntas. Los resultados del análisis indican que, aunque los estudiantes de licenciatura comprenden el significado de los parámetros de una reacción química cuando se interpretan por separado, presentan dificultades para integrarlos y para justificar, de manera sistémica, la ocurrencia de reacciones en determinadas condiciones. Tales resultados sugieren bajos niveles de pensamiento teórico-sistémico entre los participantes de la investigación en lo que se refiere a la justificación de la ocurrencia o no de reacciones químicas, lo que evidencia la importancia de considerar el desarrollo del pensamiento teórico-sistémico como objeto de formación intencional y consciente en el proceso de formación y profesionalización docente, especialmente en perspectivas formativas orientadas a potenciar la formación intelectual de los profesores.

Palabras clave: Pensamiento Teórico-Sistémico. Enfoque Sistémico. Diagnóstico. Reacciones Químicas. Didáctica Desarrolladora.

4 Referências

GALPERIN, P. Ya. *Sobre o método de formação por etapas das ações intelectuais*. In: ILIASOV, I. I.; LIAUDIS, V. Ya. (Orgs). *Antología de La Psicología Pedagógica y de Las Edades*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1986. p. 114-118.

GALPERIN, P. Ya. *Stage-by-Stage Formation as a Method of Psychological Investigation*. *Journal of Russian and East European Psychology*, v. 4, n. 30, p. 60-80, 1992.

GALPERIN, P. Ya. *Psicologia como uma ciência objetiva*. Moscou: Editora do Instituto de Psicologia Prática, 1998.

GALPERIN, P. Ya. *Tipos de orientación y tipos de formación de las acciones y de los conceptos*. In: ROJAS, L. Q. (Comp.). *La Formación de las Funciones Psicológicas durante el desarrollo del niño*. Tlaxcala: Editora Universidad Autónoma de Tlaxcala, 2001. p. 41-44.

GALPERIN, P. Ya. *Palestras sobre psicologia*. Moscou: Casa do Livro Universidade, 2002.

GALPERIN, P. Ya. *Psychological Grounds of the Development of Ideal Actions and Concepts. Lecture 5*. In: ENGENESS, I (ed.). *P. Y. Galperin's Development of Human Mental Activity: Lectures in Educational Psychology*. Springer, 2021. p. 65-74.

GALPERIN, P. Ya. *Palestras de Psicologia*. Série: Livro universitário clássico. Ed. 6. Moscou: Universidade Estadual de Moscou, 2023.

HEDESA, Y. J. P. *La enseñanza de la Química y la esencia de la reacción química*. In: VIII Congreso Internacional Didácticas de las Ciencias e XIII Taller Internacional sobre la Enseñanza de la Física, 2014, Havana. Didácticas de las Ciencias: nuevas perspectivas (Quinta parte). Havana, 2014. p.189-200.

HRIN, T. N.; MILENKOVIC, D. D.; SEGEDINAC, M. D.; HORVAT, S. Enhancement and assessment of students systems thinking skills by application of systemic synthesis questions in the organic chemistry course. *J. Serb. Chem. Soc*, v. 81, n. 12, p. 1455-1471, 2016. DOI: <https://doi.org/10.2298/JSC160811097H>.

JOHNSTONE, A. H.; MACDONALD, J. J.; WEBB, G. Misconceptions in school thermodynamics. *Physics Education*, p. 248-250, 1977.

MAHAFFY, P. G.; KRIEF, A.; HOPF, H.; MEHTA, G.; MATLIN, S. A. Reorienting chemistry education through system thinking. *Nature Reviews Chemistry*. v. 2, n. 16, p. 45-63, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41570-018-0126>.

NÚÑEZ, I. B. *Sistema Didáctico para la enseñanza de la Química General*. 227 p. Tese (Doutorado em Ciências Pedagógicas) – Instituto Superior Politécnico Jose Antonio Echeverria, La Habana, 1992.

NÚÑEZ, I. B. La formación de la habilidad en la construcción e interpretación de diagramas de fases según teoría de P. Ya. Galperin. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, n. 12, p. 91-107, 1998.

NÚÑEZ, I. B. *Vygotsky, Leontiev e Galperin: formação de conceitos e princípios didáticos*. Brasília: Liber Livro, 2009.

NÚÑEZ, I. B. *A prontidão profissional docente, a função semiótica e o desenvolvimento do pensamento teórico de estudantes em aulas de ciências e matemática*. Projeto de pesquisa apresentado ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), 2026.

NÚÑEZ, I. B.; GONZALEZ, O. P. La estructuración de los contenidos de la disciplina Química General. Una nueva propuesta. *Química Nova*. v. 19, n.5. p. 558-562, 1996.

NÚÑEZ, I. B.; PEREIRA, L. F.; BARROS, S. C. B. *Formação do pensamento conceitual como atividade cognoscitiva da personalidade no contexto escolar: aproximações à Escola de P. Ya. Galperin*. Goiânia: Phillos Academy, 2024.

NÚÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L. *Desarrollo de una unidad didáctica para el estudio de los procesos de oxidaciónreducción en el pre-universitario: contribuciones de la teoría de P. Ya. Galperin*. In: SILVA, M. G. L.; MOHR, A.;

ARAÚJO, M. F. F. (Orgs.). Temas de Ensino e Formação de Professores de Ciência. Natal: EDUFRN, 2012. p. 153-180.

NÚÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L.; PEREIRA, L. F. Diagnóstico do pensamento profissional docente como atividade orientadora. Contribuições do sistema teórico de P. Ya. Galperin. *Obutchénie. Revista de Didática e Psicologia Pedagógica*, v. 8, p. 1-31, 2024. DOI: <https://doi.org/10.14393/OBv8.e2024-23>.

NÚÑEZ, I. B.; SILVA, S. D. R. O enfoque sistêmico dialético e a organização dos conteúdos da química: reflexões didático-filosóficas. *Revista Educação e Filosofia*. v. 33, n. 67, 2019. DOI: <https://doi.org/10.14393/REVEDFIL.v33n67a2019-46410>.

PEREIRA, L. F. *Estudo do pensamento sistêmico de Licenciandos em Química ao justificarem reações químicas: contribuições do sistema teórico de P. Ya. Galperin*. 240 p. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2024.

RESHETOVA, Z. A. *Realización de los principios del enfoque sistémico en las asignaturas*. Museo Politécnico. Editorial Conocimiento (Znanie), 1987.

RESHETOVA, Z. A. *Formação do Pensamento Sistêmico na Aprendizagem*. Livro Didático para Universidades. Moscou: Unity-Dana, 2002.

RESHETOVA, Z. A. The organization of the activity of learning and the student's development. *Russian Education and Society*, v. 46, n. 9, p. 46-62, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1080/10609393.2004.11056909>.

RESHETOVA, Z. A. Mind and activity. Psychic mechanism of learning. *National Psychological Journal*, v. 3, n. 27, p. 40-55, 2017. DOI: <https://doi.org/10.11621/npj.2017.0306>.

SÁLMINA, N. G. *La actividad cognoscitiva de los alumnos y el modo de estructurar la asignatura*. Moscou: Progreso, 1989.

SHRAGINA, L. I. Abordagens para o diagnóstico e desenvolvimento do pensamento sistêmico em escolares. *Metodologias para o desenvolvimento da inteligência*, v.1, n. 2, 2011.

TALÍZINA, N. F. Teoria da formação sistêmica das ações mentais hoje. *Questões de Psicologia*, n. 1, p. 92-101, 1993.

VYSOTSKAYA, E. V.; REKHTMAN, L. V. Two Approaches to Curriculum Design Following the Third Type of Orientation: Choosing 'Main Units' (with Chemistry Curriculum as a Example). *Cultural-Historical Psychology*, v. 8, n. 4, p. 42-54, 2012.

Recebido: abril/2026

Aprovado: maio/2026