

A ABORDAGEM DO FENÔMENO DA CHUVA ÁCIDA POR MEIO DO PROCESSO DE MODELAGEM NAS CIÊNCIAS

APPROACHING THE ACID RAIN PHENOMENON THROUGH THE MODELING PROCESS IN SCIENCE

Daniéli Vitória Goetz Pauli¹, Danusa de Lara Bonotto²

Recebido: junho/2024 Aprovado: outubro/2024

Resumo: A presente pesquisa tem como objetivo reconhecer a mobilização dos indicadores da Alfabetização Científica (AC) em uma prática pedagógica de Modelagem nas Ciências (MC) tendo como temática a chuva ácida. A prática perpassou pelas etapas da MC e foi desenvolvida com 25 alunos do 1º ano do Ensino Médio na disciplina de Química. O *corpus* de análise integra escritas, reescritas e modelos confeccionados pelos alunos. A análise dos dados seguiu os procedimentos da Análise de Conteúdo, sendo que os resultados demonstram o desenvolvimento da compreensão dos alunos sobre a temática no decorrer das etapas da MC. A etapa de *significação e expressão* teve o maior percentual de mobilização dos indicadores, sendo que o indicador *explicação* obteve maior evidência na produção dos alunos. A análise dos indicadores da AC nas escritas evidencia as potencialidades da MC em qualificar os processos de ensino e de aprendizagem, desenvolvendo a AC.

Palavras Chaves: Química, Modelo, Experimentação.

Abstract: The present research aims to recognize the mobilization of Scientific Literacy (SL) indicators in a pedagogical practice of Science Modeling (SM) with acid rain as its theme. The practice went through the SM stages and was developed with 25 students from the 1st year of High School in the Chemistry discipline. The corpus of analysis includes writing, rewriting and models created by students. Data analysis followed Content Analysis procedures, and the results demonstrate development of students' understanding of the topic throughout the SM stages. The meaning and expression stage had the highest percentage of indicator mobilization, with the explanation indicator obtaining greater evidence in the students' production. The analysis of SL indicators in the writings highlights the potential of SM in qualifying teaching and learning processes, developing SL.

Keywords: Chemistry, Model, Experimentation.

1 Introdução

A presente escrita trata da temática da Modelagem nas Ciências (MC) e Alfabetização Científica (AC) e discute como os pressupostos da MC podem contribuir nos processos de ensino e de aprendizagem do fenômeno da chuva ácida bem como, se práticas pedagógicas de MC podem favorecer o desenvolvimento da AC. O interesse pela temática apresentada advém da formação acadêmica da primeira autora deste texto, a partir de vivências e estudos desenvolvidos no PETCiências da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS Campus Cerro Largo/RS acerca dos fundamentos da MC.

¹  <https://orcid.org/0009-0003-3278-1075> – Licenciada em Química (UFFS). Mestranda em Ensino de Ciências (UFFS), Cerro Largo, RS, Brasil. Rua Helmuth Schmidt, centro, 97900-000, Cerro Largo, RS, Brasil. E-mail: danielivgp03@gmail.com

²  <https://orcid.org/0000-0002-7774-2251> – Doutora em Educação em Ciências e Matemática (PUC/RS). Professora da área de Matemática e do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (UFFS), Cerro Largo, RS, Brasil. Rua vinte de setembro, bairro Castilhos, 97709-200, Santiago, RS, Brasil. E-mail: danusalb@uffs.edu.br

Nesse contexto e considerando o exposto por Maia e Justi (2020, p. 251) as quais assinalam que o Ensino de Ciências deve trabalhar “como a ciência é construída, suas ferramentas, processos e inter-relações” (Maia; Justi, 2020, p. 521), apostamos nos pressupostos da MC, visto que o processo de modelagem pressupõe a resolução de um problema, envolvendo os alunos no processo de obtenção de dados e informações; organização e representação das informações obtidas; levantamento e teste de hipóteses; expressão e avaliação dos resultados por meio de um modelo, o qual representa o fenômeno em estudo. Assim, o processo de modelagem ao ser pensado para o ensino é defendido por Biembengut (2016) como um método de ensino com pesquisa e, dessa forma, acreditamos que pode favorecer o desenvolvimento da AC.

De acordo com Chassot (2003) a Ciência pode ser considerada uma linguagem utilizada para compreender e explicar o nosso mundo natural, portanto, ao ser alfabetizado cientificamente tem-se a capacidade de saber ler a linguagem em que está escrita a natureza. Nesse sentido, o autor destaca a possibilidade de melhorar a qualidade de vida das pessoas a partir do desenvolvimento da AC, pois a compreensão da ciência possibilita entender acontecimentos do cotidiano e manifestações do mundo.

A partir do exposto, a questão norteadora desta pesquisa consiste em responder: Quais indicadores do desenvolvimento da AC emergem em uma prática de Modelagem nas Ciências?. A resposta ao problema desta pesquisa está apresentada neste texto nas sessões subseqüentes, nas quais apresentamos os fundamentos da MC a partir de Justi (2015) e Biembengut (2016) e da AC a partir de Chassot (2003) e Sasseron e Carvalho (2008); os procedimentos metodológicos; os resultados encontrados e as considerações sobre o estudo desenvolvido.

2 Referencial Teórico

Para Justi (2015), o processo de MC desempenha um papel importante no Ensino de Ciências, pois favorece o desenvolvimento do protagonismo do aluno em sala de aula por meio da investigação, exploração, organização de informação, discussões, levantamento de hipóteses e validação de resultados, favorecendo “tanto a compreensão de ideias científicas quanto um entendimento mais amplo sobre a ciência” (p. 40) e, desse modo, contribui para contextualizar e qualificar os processos de ensino e de aprendizagem. Para essa autora o processo de modelagem tende a oportunizar aos alunos a capacidade de participar efetivamente da produção do conhecimento científico, refletir sobre os propósitos da Ciência, exercitando a autonomia, criticidade e reflexão discente e, portanto, não se configura como linear, homogêneo e instantâneo.

Para Biembengut (2016) a MC perpassa por três etapas denominadas de: (i) *percepção e apreensão*; (ii) *compreensão e explicitação*; e, (iii) *significação e expressão*. Essas etapas não são disjuntas e acontecem num movimento de “ir e vir” entre elas.

A etapa de *percepção e apreensão* consiste na captação de informações sobre um assunto que pode ser proposto pelo professor ou pelos alunos, afim de estabelecer relações do conhecido com o desconhecido. Conseqüente, à medida que as informações se tornam *compreensões*, discute-se a segunda etapa, que envolve a sensibilização com o tema,

formulando as *explicitações* e hipóteses, discernindo os elementos essenciais para entendimento da situação. Enfim, a etapa de *significação e expressão* do conhecimento busca traduzir as compreensões do sujeito através de representações simbólicas ou modelos, que podem ser modelos mentais, maquetes, desenhos, pinturas, etc (Biembengut, 2016). Nessa perspectiva, apesar de vasta sua semântica, para essa autora, os modelos são vistos como representações de ideais, eventos, processos, objetos e compreensões, criados com uma finalidade específica, ou ainda, como uma forma de representar parcialmente a realidade, sendo criados a partir das compreensões e ideias de cada sujeito e, nesse sentido, Justi (2006) compreende modelo como um artefato epistêmico pois durante a produção do modelo se dá a construção do conhecimento.

Ainda, Justi (2006) defende que a construção do conhecimento científico comporta diversas etapas e, que, o processo de MC desenvolve a aprendizagem excepcionalmente nas etapas de construção e validação dos modelos, pois trata-se de uma estrutura representativa de uma forma de “pensar científico” (p. 177). Nesse sentido, destacamos a relação do processo de MC como o desenvolvimento da AC, pois Chassot (2003) compreende que a AC pretende experienciar olhares através da Ciência, compreendendo-a, desenvolvendo-a e conduzindo-a em prol da qualidade da vida. Também ao compreendermos que com o conhecimento científico podemos tomar decisões e nos posicionarmos frente a situações por nós vivenciadas de forma crítica e reflexiva, estabelecemos conexões entre a teoria e a realidade em que vivemos o que favorece a tomada de consciência diante das inúmeras relações entre a Ciência e a sociedade.

Diante do exposto, Sasseron e Carvalho (2008) discutem sobre a presença de indicadores da AC que são colocados em evidência quando estamos submetidos a resolução de um problema. Esses indicadores estão classificados em três grupos: (i) os dados de investigação, designando como o aluno irá estruturar as informações dispostas para si, incorporando a *seriação* (rol de dados), *organização* (arranjo para as informações) e *classificação de informações* (informações hierarquizadas); (ii) a estruturação do pensamento, envolvendo o *raciocínio lógico* (o modo como as ideias são desenvolvidas e expostas) e o *raciocínio proporcional* (mostra como variáveis tem relações entre si); e (iii) o entendimento da situação analisada, abrangendo o *levantamento e teste de hipóteses* (criar suposições e colocá-las a prova), a *justificativa* (afirmação com garantias), a *previsão* (ao afirmar uma ação decorrente de outro acontecimento) e a *explicação* (busca relacionar informações). Assim, esta pesquisa busca reconhecer e compreender os indicadores da AC mobilizados durante uma prática pedagógica de MC.

3 Metodologia

Considerando o objetivo desta pesquisa, classificamos a mesma como sendo de natureza qualitativa na forma de um estudo de caso, de acordo com Lüdke e André (2013). O caso considerado é o desenvolvimento da AC de alunos do nível médio de ensino por meio de práticas de MC.

A prática pedagógica fundamentada na MC desenvolveu-se em uma escola pública com duração de 4 horas aula e participaram 25 alunos do 1º ano do Ensino Médio. Em decorrência

do mês do Meio Ambiente (junho), trabalhou-se o fenômeno da chuva ácida na natureza, com o intuito de envolver questões do meio ambiente à área de Química e de Ciências. Ainda, a temática da chuva ácida surgiu *a priori* devido às experiências vivenciadas anteriormente na graduação. A síntese da prática desenvolvida está descrita no Quadro 01, a seguir.

Quadro 01: Síntese da prática pedagógica de MC

ETAPAS DA MC	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES
1ª etapa (percepção e apreensão)	<ul style="list-style-type: none"> -Compreensões iniciais por meio de questionamentos: O que é a chuva ácida? O que causa a chuva ácida? -Encaminhamento de atividade para casa: buscar informações sobre o fenômeno da chuva ácida. -Explicação do conceito de potencial hidrogeniônico (pH) e contextualização do conceito. -Contextualização da temática com notícias/reportagens¹ e recortes das séries²: <i>The 100</i> e <i>The rain</i>.
2ª etapa (compreensão e explicação)	<ul style="list-style-type: none"> - Socialização da busca de informações sobre a chuva ácida. - Solicitação da escrita das compreensões iniciais dos alunos sobre o tema (para entregar). - Realização do experimento simulando as implicações do fenômeno da chuva ácida - Realização de perguntas norteadoras durante a realização do experimento: O que vocês acham que vai acontecer a partir da combustão do enxofre? Qual gás se formará? E ao tampar o pote de vidro, o que acontecerá com as pétalas de rosa? E os papéis indicadores ácido-base sofrerão alterações? Qual número indicará na escala numérica desses indicadores? Se toda a chuva é ácida, por que nem toda a chuva apresenta malefícios ao Meio Ambiente? Por que na nossa região não identificamos problemas com a chuva ácida?
3ª etapa (significação e expressão)	<ul style="list-style-type: none"> - Formação de grupos para confecção de cartazes para expressar as compreensões sobre o fenômeno estudado. - Solicitação de reescrita das novas compreensões do fenômeno da chuva ácida.

Fonte: Organizado pelas autoras (2024).

A constituição dos dados da pesquisa deu-se por meio da produção de escrita, reescrita e confecção de cartazes (modelos) pelos alunos, bem como, por meio da escrita do diário de aula da professora. Os registros dos alunos foram submetidos aos procedimentos da Análise de Conteúdo de Bardin (2016) a qual perpassa por três etapas principais: i) *pré-análise* que

¹ <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-39186927>. Acesso em: 22 mar. 2023.

<https://g1.globo.com/pr/norte-noroeste/noticia/chuva-acida-e-poluicao-matam-peixes-no-rio-pirapo-diz-iap.ghtml>. Acesso em: 20 mai. 2023.

<https://correiodoestado.com.br/cidades/chuva-acida-do-fim-de-semana-em-campo-grande/390282/>.

Acesso em: 22 mar. 2023.

² As séries mencionadas estão disponíveis em plataformas de *streaming* privadas.

envolveu a leitura flutuante das respostas dos alunos, as quais constituem o *corpus* de análise, visando a sistematização das ideias iniciais; ii) *exploração do material* percorreu leituras e releituras do *corpus* de análise, buscando reconhecer os indicadores do desenvolvimento da AC nas respostas dos alunos e qual a frequência de cada um deles e iii) *tratamento dos resultados e interpretação* buscando a interpretação e a significação dos dados obtidos, propondo inferências e explanações, tendo em vista os objetivos previstos inicialmente ou a novas descobertas realizadas durante as análises. O resultado do processo analítico está apresentado no Quadro 02 da próxima seção.

Para manter a identidade anônima dos alunos, os mesmos foram codificados por A1, A2, A3, ..., A25. Cabe ressaltar que nem todos os alunos participaram de ambas as etapas da MC, pois faltaram à aula em determinados dias, por exemplo, alguns alunos participaram da primeira etapa e não da segunda etapa, ou seja, haverá diferentes números totais de respostas ao longo dos resultados e discussões. Na etapa de *percepção e apreensão* houveram 19 alunos participantes, na etapa de *compreensão e explicitação* participaram 20 alunos e na etapa de *significação e expressão* 24 alunos participaram.

4 Resultados e Discussões

Ao adentrar o conceito de acidez da chuva ácida, os alunos, ao serem questionados, recorreram às compreensões iniciais sobre o tema respondendo oralmente que a chuva ácida “é uma chuva que é *ácida*”, “chuva que queima” e “ocorre por causa da poluição”. A escrita inicial dos alunos na primeira etapa da MC (*percepção e apreensão*) evidenciou, principalmente, a questão ambiental da chuva ácida, destacando que a chuva ácida é uma consequência da poluição atmosférica (10/19), exemplificando: “A chuva ácida é uma das consequências da poluição atmosférica...” (A2).

Outras respostas envolviam o conteúdo de pH que foi apresentado aos alunos na primeira aula (5/19), como por exemplo: “Quanto menor o pH de uma substância maior a concentração de íons H^+ e menor a concentração de íons HO^- ” (A5). Essas respostas comprovam o envolvimento com as aulas, pois denotam as compreensões e as relações iniciais entre o conhecido e o desconhecido, previsto na primeira etapa da MC.

Algumas respostas iniciais demonstram também que mais alunos realizaram suas buscas *online* em casa, pois denotam termos mais científicos que ainda não haviam sido expostos nas aulas (9/19), explicitado na passagem “... eu sei disso por meio da pesquisa que eu fiz que foi pedida na aula retrasada” (A1).

Já a reescrita dos alunos sobre o fenômeno da chuva ácida denota novas compreensões e relações dos mesmos, principalmente, destacando a realização do experimento que simulou as consequências da chuva ácida no ambiente. Assim, os alunos explicaram algumas fases do experimento e denotaram seus resultados (18/20), como por exemplo na escrita: “O gás reagiu com a água e o oxigênio do ar, que estavam dentro do tubo de vidro, formando ácido sulfuroso. Por isso a pétala perdeu a cor e a fita de pH que estava dentro do tubo, mostrou que o ambiente ficou ácido, simulando uma chuva ácida” (A10). Ainda, a maioria dos alunos trouxe, em seus relatos, termos científicos como “ácido sulfuroso” “ácido sulfúrico” “dióxido de enxofre”

“lâmparina”, os quais não conheciam anteriormente, um aluno até representou as fórmulas químicas dos compostos.

Também, é válido destacar que a maioria dos alunos apresentou em suas escritas e reescritas que a chuva ácida ocorre em regiões com maior industrialização, devido à queima de derivados do petróleo, mais especificamente por causa de automóveis e fábricas, compreensão que ficou fortemente evidenciada na confecção dos cartazes.

Consequente, tendo em vista todas as respostas dos alunos¹ sobre a temática da chuva ácida, a Análise de Conteúdo depreendida se deu a partir de três categorias estabelecidas *a priori*, as quais constituem o processo de MC. Assim, em cada uma delas buscou-se pelos indicadores da AC. O Quadro 01, a seguir, denota a quantificação da síntese do processo analítico².

Quadro 01- Síntese do processo analítico depreendida das etapas da MC.

Etapas MC Indicadores da AC	Percepção e apreensão	Compreensão e explicitação	Significação e expressão	Total
Seriação de informações (I1)	0	0	0	
Organização de informações (I2)	10	11	24	5
Classificação de informações (I3)	15	4	15	4
Raciocínio lógico (I4)	15	12	24	1
Raciocínio proporcional (I5)	1	2	6	
Levantamento de hipóteses (I6)	1	1	0	
Teste de hipóteses (I7)	0	0	0	0
Justificativa (I8)	12	11	24	47

¹ Link para acesso de todas as respostas dos alunos: https://docs.google.com/document/d/1ZDJjay_vwKGYgLSM2KqFC91slidJnKkBzJQ6intAu4s/edit?usp=sharing

² Link para acesso à tabela indicando a mobilização dos indicadores da AC em cada uma das três etapas da MC por aluno: https://docs.google.com/document/d/1ez2Nghe0RUB_rs2mCFMQ1ETvEn_gd5FNPnLTLcg-xUc/edit?usp=sharing

Previsão (I9)	6	0	16	22
Explicação (I10)	18	19	24	61
Total	78	60	133	271

Fonte: *Elaborado pelas autoras, 2024.*

É visto que a última etapa da MC mobilizou maior quantitativo de indicadores da AC, o que está de acordo com Justi (2006) que defende que o processo de MC desenvolve a aprendizagem excepcionalmente nas etapas de construção e validação dos modelos, pois trata-se de uma estrutura representativa de uma forma de “pensar científico” (p. 177). A autora deixa claro que a construção do conhecimento científico comporta várias etapas, pois o processo de ensino e de aprendizagem deve ser dinâmico, enaltecendo as habilidades de todos os alunos.

Também, acreditamos que os indicadores de *previsão, levantamento e teste de hipóteses* se manifestaram a partir da realização de questionamento realizados durante o desenvolvimento do experimento, principalmente, na simulação do fenômeno da chuva ácida, evidenciando também o papel intermediador do professor. Assim, pelo fato de reconhecermos os indicadores da AC nas escritas dos alunos já há evidência de que o processo de MC tende a desenvolver o conhecimento científico. Adiante, exemplificamos e discutimos a mobilização dos indicadores da AC em cada etapa da MC, de acordo com as escritas e representações dos alunos.

Em relação a mobilização dos indicadores da AC na primeira etapa (*percepção e apreensão*), apresentamos algumas unidades de contexto extraídas das escritas dos alunos e explicamos os indicadores identificados.

Uma das coisas que eu lembro é que a chuva ácida é uma reação com o oxigênio misturando-se com gases da atmosfera, provenientes da queima de combustíveis. Essa chuva pode causar danos aos carros, motos, solos, animais, plantações, construções, etc. Tanto é que eu tenho uma piscina em casa, e antes dessa chuva ocorrer, a água estava limpa, mas depois da chuva ácida a água da piscina ficou verde, talvez pelo cloro que contém na piscina. (A6).

Analisando a passagem, reconhecemos inicialmente uma **explicação** “uma das coisas que eu lembro é que a chuva ácida é uma reação com o oxigênio misturando-se com gases da atmosfera...” sucedendo de uma **justificativa** “...provenientes da queima de combustíveis”. Ao longo da escrita o sujeito realiza a **classificação** e **organização de informações** e realiza uma **previsão** em “Essa chuva pode causar danos aos carros, motos, solos, animais, plantações, construções, etc.”, e, por fim **levanta uma hipótese** “talvez pelo cloro que contém na piscina”. Na sua escrita ele apresenta as suas compreensões organizadas de forma coerente, permitindo o entendimento do leitor e, portanto, **organiza logicamente o seu raciocínio**.

Na segunda etapa da MC (*compreensão e explicitação*) podemos perceber o avanço da compreensão dos alunos a partir das escritas, conforme denota a passagem, a seguir.

Durante o experimento realizado no laboratório pudemos observar em uma mesa os materiais que seriam utilizados como um tubo de ensaio, pó de enxofre, uma lamparina, pinça de madeira, e rosas (flor). Bom, tudo se iniciou pegando o tubo de ensaio do suporte

e inserindo o pó de enxofre onde dentro do tubo já havia um papel que muda de cor de acordo com a acidez e uma pétala de rosa grudada, após serem colocados os pós de enxofre, a lamparina foi acendida e pega com a pinça de madeira por não conduzir calor. Assim, o pó passou a ficar líquido quanto mais esquentava e passou a sair fumaça então foi fechada a saída de ar. No final do experimento o papel medidor de acidez ficou levemente rosado a fumaça presa dentro do vidro foi descolorindo e assim deixando a pétala manchada por manchas brancas (A4).

Inicialmente, o sujeito denota a **organização e classificação de informações** no excerto “durante o experimento realizado no laboratório pudemos observar em uma mesa os materiais que seriam utilizados como um tubo de ensaio, pó de enxofre, uma lamparina, pinça de madeira, e rosas (flor)”, para assim iniciar a **explicação** do experimento “tudo se iniciou pegando o tubo de ensaio do suporte e inserindo o pó de enxofre onde dentro do tubo já havia um papel que muda de cor de acordo com a acidez e uma pétala de rosa grudada”. Também, podemos notar a presença da **justificativa** “... e pega com uma pinça de madeira por não conduzir calor”. Ainda, no trecho “assim, o pó passou a ficar líquido quanto mais esquentava...” há a mobilização do **raciocínio proporcional**, pois estabelece uma relação entre duas variáveis: a temperatura e o pó de enxofre, expressando que quanto mais esquentava o tubo de ensaio, mais líquido o enxofre ficava. As ideias são organizadas e apresentadas possibilitando a compreensão ao leitor da realização do experimento, portanto, **logicamente organizadas**.

Já a terceira etapa da MC (*significação e expressão*) resultou na confecção de 4 modelos¹, os quais representaram o fenômeno da chuva ácida e/ou suas consequências ao meio ambiente, demonstrando uma linha de raciocínio semelhante em ambos os desenhos, pois trazem representações de indústrias e automóveis ao lado de árvores secas (sem vida), o que denota o entendimento dos alunos acerca de onde são emitidos os gases que podem causar a chuva ácida (indústrias e automóveis) e as consequências dessa chuva ao meio ambiente (árvores e peixes sem vida).

Também, há destaque ao esquema de reações químicas que os gases sofrem até haver a precipitação da chuva ácida, principalmente de enxofre e nitrogênio. Dessa forma, entendemos que os alunos buscaram representar a sequência de reações químicas da chuva ácida dispostas durante as aulas, ou seja, os alunos compreenderam que a chuva ácida decorre de diversas reações químicas no ambiente, até precipitar-se na natureza.

Consequente, com um olhar especial a parte escrita do modelo confeccionado pelo Grupo 1, o qual é descrito a seguir

“CHUVA ÁCIDA → Fenômeno atmosférico que consiste na precipitação com elevada acidez. A chuva apresenta grande concentração de ácidos → Normalmente a chuva ácida apresenta pH abaixo de 5,5 → Pode ter origem natural por meio de soluções que emitem gases à atmosfera, e também por meio de processos → De origem antrópica, devido à concentração

¹ Modelos confeccionados pelos alunos: https://docs.google.com/document/d/1WRvrePRWI9CanTP9o4PlnJrNkSfFtkrKdB5_JRjb6KI/edit?usp=sharing

de indústrias e veículos que, por meio da queima de combustíveis fósseis, lançam gases a atmosfera. CHUVA ÁCIDA → A chuva ácida forma-se quando há elevada concentração de gases, como o dióxido de enxofre e nitrogênio na atmosfera, que, ao entrar em contato com as gotas de água suspensas no ar, reagem formando ácidos. Isso resulta na chuva com elevada acidez. → É considerada um grave problema, especialmente ambiental. As principais consequências da sua ocorrência são: acidificação do solo; contaminação dos cursos d'água; perda da biodiversidade; lentidão no desenvolvimento dos vegetais; desenvolvimento de doenças respiratórias nos seres humanos; destruição de monumentos e obras civis.”

Assim, analisamos inicialmente o indicador da AC de **explicação** em “fenômeno atmosférico que consiste na precipitação com elevada acidez...” seguido de uma **previsão** “pode ter origem natural por meio de soluções que emitem gases à atmosfera, e também por meio de processo”. Após o grupo **justifica** a ocorrência da chuva ácida utilizando o **raciocínio proporcional** pois, “a chuva ácida forma-se quando há elevada concentração de gases, como o dióxido de enxofre e nitrogênio na atmosfera...”, o que evidencia a compreensão do grupo. Diante do exposto, denota-se o **raciocínio lógico** que os alunos utilizaram para **organizar e classificar as informações** dispostas no modelo confeccionado.

Em razão da mobilização dos indicadores da AC nas três etapas da MC, compreendemos que práticas pedagógicas fundamentadas na MC podem sim desenvolver a AC dos alunos, principalmente, na etapa de *significação e expressão* de modelos, onde os alunos tiveram que representar suas compreensões por meio de modelos.

5 Conclusões

Considerando a pergunta norteadora desta pesquisa, a Análise de Conteúdo apreendida permitiu reconhecermos a mobilização dos indicadores da AC em todas as etapas do processo de MC, sendo a maior frequência apresentada na etapa de *Significação e Expressão* a qual está relacionada à expressão e validação o modelo, ou seja, das compreensões sobre a chuva ácida apresentadas pelos alunos por meio da confecção de cartazes. Ainda, o indicador da AC *explicação* teve maior evidencia na produção escrita dos alunos, assim, entendemos que esse indicador é intrínseco para compreensão da temática, pois para comentar algum tema ou conceito é instintivo explicá-lo antes de discutir aspectos que o cercam.

Reconhecemos alguns desafios e potencialidades a partir da prática pedagógica fundamentada na MC, visto que, para a atividade de experimentação não haviam os materiais necessários no laboratório da escola, sendo que foi necessário a requisição de alguns reagentes da universidade. Além disso, a falta de tempo disposta para o desenvolvimento da prática, haja visto que a mesma se desenvolveu no tempo do estágio curricular supervisionado, o qual tem tempo determinado. Outra questão faz referência a falta de interesse de alguns alunos perante as aulas, o que pode ser trabalhado em outras atividades, buscando novas dinâmicas a serem utilizadas em conjunto com a MC.

As potencialidades dizem-se referente a possibilidade de os alunos presenciarem a simulação de um fenômeno, que não conheciam, através da modelagem, o que evidentemente

qualificou a aprendizagem dos alunos, haja visto as análises realizadas anteriormente nas reescritas e confecção de modelos dos alunos, tendo em vista a mobilização dos indicadores da AC durante as etapas da MC. Também, o processo de instigar os alunos a pensar durante a prática através de questões-problema faz-se necessário para a realização de previsões, levantamentos de hipóteses e, posteriormente, validação da hipótese, o que trabalha a criticidade, a autonomia e a reflexão do aluno, princípios da AC.

Por fim, é importante destacar que os processos de ensino e de aprendizagem se constituem como movimentos complexos, dinâmicos, nunca homogêneos, nem lineares, visto que a educação envolve sujeitos pensantes, ou seja, cada aluno é singular, com desejos e interesses diferentes, que aprendem de formas e tempos distintos, e que vivem em contextos diversos.

6 Referências

- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 1. ed. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BIEMBENGUT, M. S. **Modelagem na educação matemática e na ciência**. Editora Livraria da Física. São Paulo. 2016. p. 25-157.
- CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista brasileira de educação**, p. 89-100, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbedu/a/gZX6NW4YCy6fCWfQdWJ3KJh/#>. Acesso em: 15 de out. 2023.
- GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química nova na escola**, v. 10, n. 10, p. 43-49, 1999. Disponível em: <http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc10/pesquisa.pdf>. Acesso em: 28 out. 2023.
- JUSTI, R. La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, p. 173-184, 2006. Disponível em: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/75824/96328>. Acesso em: 15 mai. 2023.
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M.E.D.A. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. E.P.U Grupo Editorial Nacional. 2. ed. São Paulo. 2013.
- MAIA, P. F.; JUSTI, R. Conhecimentos de professores sobre Natureza da Ciência em contextos de modelagem: contribuições de atividades formativas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. vol. 19, n 3, p. 520-545, 2020. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen19/REEC_19_3_2_ex1621_213.pdf. Acesso em: 03 jun. 2023.
- PAULI, D. V. G.; SCHULTZ, A. K.; BONOTTO, D. de L. Práticas Pedagógicas Fundamentadas na Modelagem: um estudo de revisão na revista de experiências no ensino de ciências. In: KONZEN, A. N.; PAULI, D. V. G.; PALINSKI, V. C.; GÜLLICH, R. I. C. (org.). **Aprendendo Ciências: Pesquisa em ensino**. 1. ed. v. 8. Bagé: Faith. p. 33-45. 2022. Disponível em: <http://www.editorafaith.com.br/>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SASSERON, L. H.; DE CARVALHO, A. M. P. 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. Disponível em:

<https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/445/263>. Acesso em: 15 ago. 2023.