

PRODUÇÃO DE PAINÉIS PARA DIVULGAR A CIÊNCIA: OZÔNIO TROPOSFÉRICO COMO POLUENTE SECUNDÁRIO EM FOCO

Felipe S. Pena¹; Cyntia V. Almeida²; Salete L. Queiroz³

1. felipepena@usp.br; 2. cyntia.almeida@usp.br; 3. salete@iqsc.usp.br

Palavras-Chave: Poluição Ambiental, Método Jigsaw, Divulgação Científica.

Introdução

Ao longo dos anos, a Divulgação Científica (DC) vem sendo alvo recorrente de atenção, principalmente após o período de pandemia de COVID-19, quando ocorreu constante e extensa disseminação de resultados de pesquisas pela mídia, ressaltando a necessidade de maior aproximação entre a sociedade e a ciência (Soterio *et al.*, 2023).

De acordo com Barbeiro (2007), a sociedade necessita da ciência assim como esta da sociedade. No entanto, o período pandêmico também evidenciou a falta de profissionais preparados para comunicar temas mais específicos da ciência ao público leigo, com o objetivo de minimizar o outro perigo que acontecia paralelamente: a propagação de *fake news* (Sacramento *et al.*, 2020). Assim como as relações sociais estão em constante evolução, o conhecimento também passa por esse processo, logo os conceitos mudam e surgem novas tecnologias e teorias. Dessa maneira, a sociedade constantemente precisa tomar decisões envolvendo temáticas complexas, como modificações genéticas e mudanças climáticas.

Segundo o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a DC é definida como atividade complexa na qual os conhecimentos e as tecnologias são colocados ao alcance da população para que possam ser utilizados em atividades cotidianas e tomadas de decisões envolvendo família, comunidade ou a sociedade em sua totalidade.¹

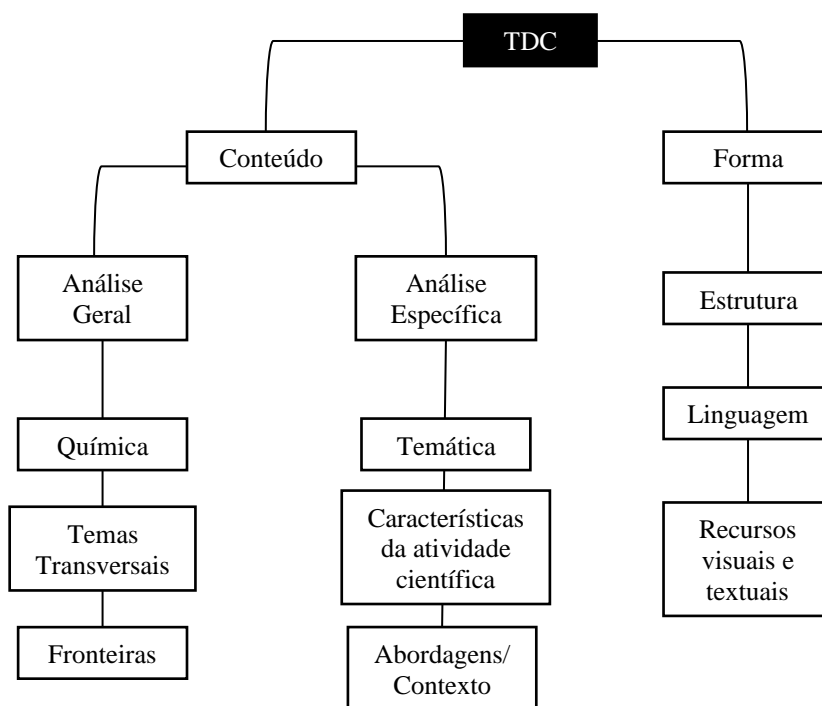
Ao considerar a formação dos cientistas tendo em vista o desenvolvimento de ações de DC, vários obstáculos são amplamente discutidos na literatura, com destaque para o uso da linguagem simples e acessível no trato das temáticas em foco (D'Ancona, 2018). Essa dificuldade é corroborada por estudos, como o encomendado em 2014 pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) ao Instituto Datafolha, quando foram ouvidos três públicos em 138 cidades paulistas: população geral, cientista e formadores de opinião (jornalistas e professores). A pesquisa demonstra que apesar de 63% dos paulistas possuírem algum interesse por ciência e tecnologia, 79% consideram essa temática muito complexa para compreensão (Fapesp, 2015).

Destarte, destaca-se a necessidade de ações que incentivem os graduandos em Química, desde o início de sua formação, a construir uma comunicação acessível à população e desenvolverem habilidades capazes de promover a DC (Sotério e Queiroz, 2020a, 2020b). Tal aspecto é também corroborado pelas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para os Cursos de Química, com o intuito de salientar competências e habilidades necessárias aos bacharéis e licenciados com relação à busca de informações, comunicação e expressão (Brasil, 2001). Nesse sentido, iniciativas são reportadas no contexto nacional, algumas delas pautadas em esquema proposto por Ferreira e Queiroz (2011).

¹ Fazendo divulgação científica. Disponível em <<https://memoria.cnpq.br/divulgacao-cientifica-sobre>> . Acesso em 29 jul. 2024.

Ferreira e Queiroz (2011), com base em diferentes estudos, como o de Ribeiro e Kawamura (2005), estruturam um quadro (**Figura 1**) para a análise de Textos de Divulgação Científica (TDC), que podem ser avaliados em relação ao seu *conteúdo* (tema) e a sua *forma* (estilo e composição). No que compete ao conteúdo há dois enfoques: o geral e o específico. No que tange à análise geral, Ferreira e Queiroz (2011) apresentam três possibilidades: química, temas transversais e fronteiras. Quanto à dimensão do *conteúdo*, há a especificidade de definição do objeto de discussão do texto, consistindo em observar a temática empregada, a presença ou não de elementos que remetem à atividade científica e a abordagem adotada pelo autor. Além disso, a *forma* do texto implica em três dimensões: estrutura, linguagem e recursos visuais e textuais. Assim, é possível avaliar a construção desse texto e como as informações são disseminadas. De particular interesse para o desenvolvimento deste trabalho é a subcategoria denominada de linguagem.

Figura 1. Esquema proposto por Ferreira e Queiroz (2011) para análise de TDC.



A subcategoria de linguagem refere-se à clareza dos textos, na qual o autor faz uso de termos e conceitos científicos, metáforas, analogias, os apelos apresentados em relação à saúde, meio ambiente e economia, entre outros. Esses fatores são essenciais para a comunicação com a sociedade, apresentando informações de maneira simples, porém eficaz para a compreensão de todos.

Tendo em vista o exposto, o objetivo deste trabalho é avaliar em qual extensão painéis produzidos por graduandos em Química, para divulgar pesquisa científica sobre o ozônio troposférico, estão alinhados com as características inerentes ao gênero de DC, com base na análise da linguagem neles presente.

Material e Métodos

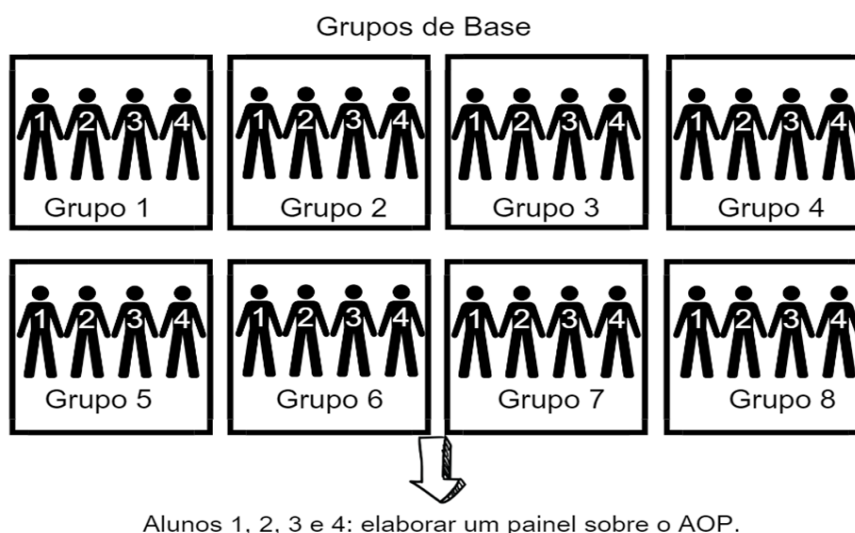
A atividade que subsidiou a elaboração dos painéis foi aplicada em disciplina de comunicação científica oferecida a ingressantes de um Curso de Bacharelado em Química. Para a sua produção foram considerados os preceitos do método Jigsaw (Cochito, 2004), que consiste

em dividir os alunos em grupos: inicialmente são formados grupos de base, em seguida, grupos de especialistas e, por fim, ocorre o retorno aos grupos de base.

A primeira etapa da atividade consistiu na formação de grupos de base heterogêneos a partir da aplicação de um questionário que investigou a formação educacional dos alunos e avaliou o seu conhecimento sobre comunicação científica. Na primeira aula da disciplina, 24 alunos foram divididos em seis grupos heterogêneos compostos por quatro pessoas cada. Na aula seguinte, mais oito alunos sobressalentes foram organizados em dois grupos não heterogêneos.

Inicialmente, os alunos se reuniram em seus respectivos grupos de base (**Figura 2**) e elaboraram um painel a respeito do Artigo Original de Pesquisa (AOP) de Alves e Alves (2019) e que possuísse caráter de DC, tendo como público-alvo os alunos do ensino médio.

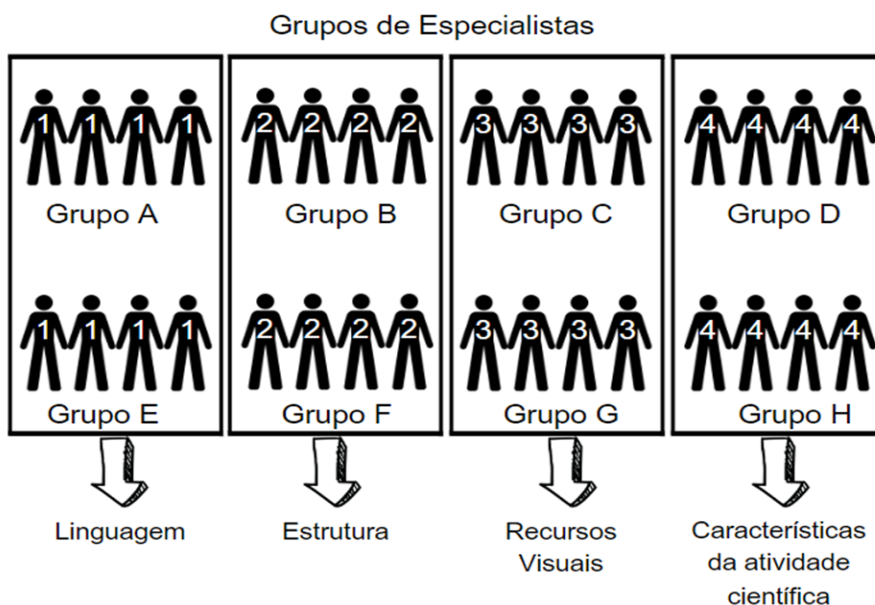
Figura 2: Representação dos grupos de base



A temática do AOP está relacionada à preocupação em relação às emissões antropogênicas e seu impacto na qualidade do ar, apresentando discussão sobre o ozônio troposférico, poluente de formação secundária, que se origina de reações fotoquímicas com radiação ultravioleta e os produtos da queima de combustíveis fósseis.

Após efetuarem a primeira versão do painel, cada membro dos grupos de base recebeu a responsabilidade de tornar-se especialista em um dos seguintes temas: linguagem, estrutura, recursos visuais e características da atividade científica. Dessa forma, foram formados dois blocos de grupos de especialistas, conforme **Figura 3**. Nessa perspectiva, os alunos identificados com o número 1 foram designados a aprofundar seus estudos no tema da linguagem de TDC (grupos de especialistas A e E), os com número 2 concentraram-se na estrutura de TDC (grupo de especialista B e F) e assim sucessivamente. É importante ressaltar que os alunos de cada grupo de especialista estudaram e resolveram exercícios acerca do tema no qual se aprofundaram.

Figura 3: Representação dos grupos de especialistas



Concluídas as atividades nos grupos de especialistas, os alunos voltaram para seus grupos de base e apresentaram aos integrantes todos os pontos relevantes para a construção de um texto de DC assimilados na etapa anterior. Por fim, os grupos de base construíram a segunda versão do painel.

O corpus deste trabalho constitui-se da primeira e segunda versão de quatro painéis, dentre os elaborados pelos grupos de base que possuíam formação heterogênea e cujos integrantes participaram de todas as etapas da atividade (G1 a G4). Os painéis dos grupos de base de formação não heterogênea não foram considerados na análise, pois não atendem, por princípio, a uma das premissas do método Jigsaw.

Resultados e Discussão

A primeira versão do painel elaborado por G1 não se configura como tal, mas sim como um rascunho em formato de tópicos com informações consideradas importantes pelos integrantes. Portanto, as questões relacionadas à linguagem empregada não são passíveis de análise completa. No entanto, podemos observar que o documento apresenta apelo a questões de saúde [*Problemas relacionados ao ozônio: irritação nos olhos e vias respiratórias, problemas cardiovasculares na população em geral; maiores chances de desenvolvimento em crianças e idosos.*] e menções a institutos de pesquisa [Os dados foram obtidos pela Cetrel S.A. (...)]. Na segunda versão constam definições teóricas [*O ozônio O_3 é um elemento químico tri atômico composto exclusivamente de átomos de oxigênio.*] e o grupo, com o objetivo de despertar a curiosidade dos leitores, tornar o assunto mais atraente, simplificar conceitos científicos e despertar um apelo às emoções dos leitores, faz uso da personificação [*Ozônio: vilão ou herói?*], interlocução direta com o leitor [*Mas o que é o ozônio?*] e apelo a questões de saúde [(...) *que quando absorvidos com frequência pela pele humana podem, em alguns casos, causar sérios danos como queimação e até mesmo câncer de pele.*].

O painel inicial do G2 apresenta a estrutura de um painel propriamente dito, porém contém seções incompletas, apenas com a indicação do que seria feito. Ainda assim, foram aplicados recursos para garantir uma leitura acessível. O exemplo [*O famoso "gás estufa", quando presente na estratosfera, serve como regulador da incidência solar na superfície, como se fosse o "cobertor" da Terra - o que é popularmente conhecido como Efeito Estufa*] contém: o uso de aspas em “gás estufa” e “cobertor”; a utilização de figuras de linguagem como o

eufemismo em “O famoso [...]”, a metáfora em “cobertor da Terra”; o uso da comparação em “como se fosse”; e o uso da simplificação para a explicação do Efeito Estufa. Adicionalmente, para captar a atenção do leitor, o G2 faz uso da interpelação direta com o leitor, tanto no título [*Você já ouviu falar do ozônio troposférico?*] quanto no escopo do painel [*Você provavelmente já ouviu falar do gás ozônio (O₃) estar presente na atmosfera terrestre, contudo você sabe onde exatamente?*]. Levando em conta a segunda versão do painel, o grupo acrescenta definições e explicações teóricas, conforme [*Porém, existe um ozônio conhecido como “ozônio troposférico”, que está na camada em que vivemos (...)*], [*O grande problema é que uma alta concentração de ozônio troposférico pode gerar uma série de efeitos negativos na saúde, como problemas respiratórios e cardiovasculares.*], [*A receita para que isso ocorra é, basicamente, ter à disposição: energia solar (...)*] e [*O ozônio troposférico é um poluente formado no ar através de reações químicas*], porém mantém a busca por uma linguagem acessível, apresentando as definições sem excessivo rigor científico e de maneira objetiva. Além disso, no penúltimo exemplo mencionado, o G2 comparou os componentes necessários para a formação do ozônio com ingredientes de uma receita culinária, facilitando a compreensão e tornando o assunto mais envolvente. O grupo também faz uso do apelo a questões de saúde no primeiro exemplo.

De maneira análoga ao painel inicial de G2, o painel correspondente à primeira versão entregue de G3 possui alguns tópicos sem desenvolvimento. Porém, é possível observar alguns conceitos específicos relacionados à linguagem, incluindo: uso de contextualização [*Ouvimos dizer da importância do Ozônio na vida na Terra.*] para introduzir o leitor ao tema em questão, interpelação direta [*Ozônio é um vilão?*] com o propósito de envolver o leitor e o apelo a questões de saúde [(...) *apesar de ser muito importante, quando concentrado nas camadas mais baixas da Terra é prejudicial à saúde.*] para destacar a urgência e importância da pesquisa desenvolvida. Já na segunda versão, G3 introduz apelos a questões de saúde [(...) *indicou a relação entre o Ozônio e o aumento da mortalidade geral e das doenças cardiovasculares.*] e ambientais [*A região da pesquisa é próxima a área industrial, pois é onde libera maiores quantidades de poluentes (...)*]. Para realçar a importância do assunto, G3 utiliza a contextualização [*A região da pesquisa é próxima a área industrial (...)*]; para inserir o leitor ao tema, a simplificação [(...) *para a formação do ozônio na troposfera (camada mais próxima da Terra na atmosfera).*]; para trazer clareza e, com o intuito de conferir maior credibilidade e autoridade ao texto, menciona um instituto de pesquisa [*Uma pesquisa realizada pela Biblioteca Nacional de Medicina nos Estados Unidos indicou (...)*].

A partir da análise do primeiro painel de G4 é possível identificar a premissa do grupo em apresentar uma linguagem acessível e interessante para o leitor. Dessa forma, o grupo utiliza explicações e definições de termos técnicos de forma simplificada [(...) *se forma nas camadas mais baixas da atmosfera com a combinação de poluição (NO₂) e incidência de radiação ultravioleta.*]; opta por uma abordagem menos rigorosa cientificamente em favor do senso comum [*O planeta possui o ozônio bom e o mal (...)*]; contextualiza as informações [*Pesquisadores do Nordeste investigaram sobre os impactos na saúde causados pelo ozônio mal.*]; interpela diretamente o leitor [*Ozônio causa impactos à saúde humana?*]; utiliza figuras de linguagem como: antítese [(...) *o planeta possui o ozônio bom e o mal*] e a analogia [(...) *age como um guarda-sol do planeta (...)*]. Além disso, é possível observar a presença de apelo a questões de saúde [(...) *mesmo em pequenas quantidades torna-se preocupante na geração de doenças pulmonares em crianças e idosos, além de poder provocar irritações nos olhos e inflamações nas vias respiratórias.*] para ressaltar a urgência e importância do estudo, assim como a menção a institutos de pesquisa [(...) *limite estabelecido pela resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente)*], para garantir que os dados foram obtidos de maneira fidedigna. Por fim, a segunda versão não apresenta novas características à linguagem, mas

contém exemplos adicionais de conceitos apresentados na primeira versão, como a interlocução direta com o leitor [*Observe no gráfico que nos meses de maio e agosto (...)*] e a personificação [*(...) sobre os impactos na saúde causados por esse vilão*], ambos com o intuito de facilitar a compreensão do leitor. É importante ressaltar que, apesar do G4 ser o grupo que menos modificou o painel neste aspecto, foi o grupo que mais apresentou aspectos relacionados à linguagem no painel inicial.

Em suma, na primeira versão dos painéis, todos os grupos apresentaram diferentes abordagens e níveis de desenvolvimento: o G1 destacou apelos a questões de saúde e menções a institutos de pesquisa, enquanto o G2 aplicou metáforas, comparações e interpelação direta com o leitor. O G3 utilizou a contextualização e apelos a questões de saúde para destacar a relevância dos temas, e o G4 utilizou uma linguagem simplificada e incluiu figuras de linguagem como analogias e antíteses.

Na segunda versão dos painéis, todos os grupos apresentaram recursos de linguagem mais sofisticados. O G1 aprimorou a clareza ao integrar definições teóricas de forma acessível e usou estratégias como a personificação e interlocução direta. O G2 enriqueceu o painel com explicações teóricas mais detalhadas e analogias, como por exemplo com a receita culinária, facilitando a compreensão dos leitores. Já o G3 fortaleceu a contextualização, adicionou apelos a questões ambientais e forneceu uma abordagem mais confiável com a menção de institutos de pesquisa. Embora o G4 tenha feito menos alterações, manteve e expandiu o uso da interlocução direta e da personificação para reforçar a clareza e a conexão com o leitor.

Conclusões

A análise dos painéis revelou avanços significativos na capacidade dos alunos em comunicarem conceitos complexos de uma forma acessível. A aplicação do método cooperativo Jigsaw possibilitou progresso na utilização de estratégias eficazes de linguagem na construção dos painéis. O uso de simplificação de termos técnicos, de metáforas e analogias e a inclusão de apelos emocionais, contribuiu para a melhoria na clareza dos painéis. A interação direta com o leitor e a contextualização dos temas foram evidentes nas versões finais, o que reflete um maior entendimento das necessidades comunicativas do público-alvo.

Além disso, a metodologia aplicada, que incluiu a divisão em grupos de base e especialistas, foi eficaz em promover uma aprendizagem colaborativa. Essa abordagem permitiu aos alunos explorarem aspectos específicos da linguagem científica e aplicarem esses conhecimentos na modificação do painel elaborado anteriormente.

Dessa forma, o presente estudo ressalta a importância de integrar práticas de divulgação científica no currículo dos cursos de ciências. A experiência adquirida pelos estudantes não só aprimorou suas habilidades de comunicação, mas também contribuiu para uma maior conscientização sobre a relevância da ciência na vida cotidiana. Assim, a contínua revisão e aprimoramento das estratégias de divulgação científica são cruciais para enfrentar os desafios comunicativos e construir uma sociedade mais informada e engajada em pautas científicas.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa concedida (Processo 2023/12415-2).

Referências

- ALVES, L. da S., & ALVES, L. C. da S. (2019). Formação e Concentração do Ozônio Troposférico no Município de Lamarão do Passé – Ba: Estudo das Transformações de NOx e os Possíveis Impactos a Saúde Humana. **Revista Geama**, 5(1), 30–35. Recuperado de <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/2465>
- BARBEIRO, L. **Introdução**. Coleção Públicos, n.5, p.9-12, nov. 2007.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação. **Parecer CNE/CES 1.303/2001**, de 6 de novembro de 2001. Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 dez. 2001a. Seção 1, p. 25.
- COCHITO, M. **Cooperação e Aprendizagem: Educação Intercultural**. ACIME: Lisboa, 2004.
- D’ANCONA, M. Pós-verdade: **A nova guerra contra os fatos em tempos de fake news**. Barueri: Faro Editorial, 2018.
- FAPESP- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Como a ciência é vista em São Paulo. **Revista Pesquisa Fapesp**. 2015. Disponível em: .
- FERREIRA, L. N. A.; QUEIROZ, S. L. Artigos da Revista Ciência Hoje como recurso didático no ensino de química. **Química Nova**, v.34, p.354-360, 2011.
- RIBEIRO, R. A.; KAWAMURA, M. R. A ciência em diferentes vozes: uma análise de textos de divulgação científica. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 5., 2005, Bauru. Atas... Bauru, 2005.
- SACRAMENTO, I. *et al.* O vírus do morcego: fake news e estereotipagem dos hábitos alimentares chineses no contexto da Covid-19. **Comunicação & Inovação**, v. 21, n. 47, p. 82-98, 2020.
- SOTEIRO, C. *et al.* Teaching controversial socio-scientific issues in online exhibits os science museums: Covid-19 on the scene. **Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research** (Springer Open), v. 5, p.1-15, 2023.
- SOTERIO, C.; QUEIROZ, S. L. Estratégias de escrita para abordagem da comunicação pública da ciência na educação em química. **Química Nova**, v. 43, p. 1163-1171, 2020a.
- SOTERIO, C.; QUEIROZ, S. L. Estratégias de escrita: utilização de textos de divulgação científica no ensino superior de química. **Revista do EDICC**, v. 6, p. 335-345. 2020b.