

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
Instituto de Química - Câmpus de Araraquara

CÍCERO LUIZ MELHIADO DE MORAIS

**ATIVIDADES EDUCATIVAS MUSEAIS COMO FERRAMENTAS DE DIVULGAÇÃO
CIENTÍFICA NO ENSINO DE QUÍMICA:**

Uma Experiência de Fotônica no Centro de Ciências de Araraquara

Araraquara

2024



CÍCERO LUIZ MELHIADO DE MORAIS

**ATIVIDADES EDUCATIVAS MUSEAIS COMO FERRAMENTAS DE DIVULGAÇÃO
CIENTÍFICA NO ENSINO DE QUÍMICA:**

Uma Experiência de Fotônica no Centro de Ciências de Araraquara

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Estadual
Paulista (UNESP), Instituto de Química,
Araraquara, para obtenção do título de
Licenciado em Química.

Orientador(a): Prof. Dr. Douglas Faza
Franco

Coorientador: Prof. Dr. Douglas Ricardo
de Assis

Araraquara

2024

M827a Morais, Cícero Luiz Melhado de
Atividades educativas museais como ferramentas de divulgação científica no ensino de química : uma experiência de fotônica no Centro de Ciências de Araraquara / Cícero Luiz Melhado de Morais. -- Araraquara, 2024
62 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura - Química) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Química, Araraquara
Orientador: Douglas Faza Franco
Coorientador: Douglas Ricardo de Assis

1. Divulgação científica. 2. Fotônica. 3. Luminescência. 4. Polímeros de coordenação. 5. Educação não-formal. I. Título.

CÍCERO LUIZ MELHIADO DE MORAIS


**ATIVIDADES EDUCATIVAS MUSEAIS COMO FERRAMENTAS DE DIVULGAÇÃO
CIENTÍFICA NO ENSINO DE QUÍMICA:**

Uma Experiência de Fotônica no Centro de Ciências de Araraquara


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Estadual Paulista (UNESP)
Instituto de Química, Araraquara, para obtenção
do título de Licenciado em Química.

Araraquara, 28 de novembro de 2024


Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **DOUGLAS FAZA FRANCO**
Data: 09/12/2024 20:08:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Douglas Faza Franco

Documento assinado digitalmente
 **MARIAN ROSALY DAVOLOS**
Data: 11/12/2024 14:39:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Marian Rosaly Davolos

Documento assinado digitalmente
 **CAROLINA SOTERIO**
Data: 09/12/2024 22:26:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Carolina Sotério

Dedico este trabalho aos meus pais e a
minha irmã.

Em memória de Palmira de Assumpção
Melhado. 10/06/2024.

AGRADECIMENTOS

A Deus que me permitiu vivenciar essa etapa da minha vida com saúde, sabedoria, esperança, sabedoria e fé diante dos obstáculos que pensava que era impossível, mas com confiança me mostrou o caminho e o sentido dessa batalha.

Aos meus pais, José Cícero e Silvana por me apoiarem durante todos esses anos da minha vida, sendo meus maiores exemplos que posso carregar, estiveram comigo desde começo me dando apoio e suporte em tudo que eu precisava, me ensinaram a lutar pelo meu sonho. São meus professores e os meus heróis que mostraram que era sim possível. Obrigado por serem minha vida.

À minha irmã, Vitória que me acompanhou dias e noites me fazendo enxergar além do que os olhos podem ver, por ser minha melhor amiga, confidente e aluna número um que tenho alegria de ver crescendo dia após dia. Espero um dia ser tudo que sempre enxergou em mim, minha pequena e doce Vitória.

Ao Professor doutor Douglas Faza Franco, por ter aceitado me orientar e participar auxiliando em todos os aspectos deste trabalho, por permitir que as portas do laboratório estivessem abertas, pela paciência e compreensão e pela confiança ao longo desse processo.

Ao Professor doutor Douglas Ricardo de Assis, pela ajuda na escrita e correção deste trabalho, pela amizade e confiança ao longo desses anos, colaborando e suporte nos mais diversos momentos, pela paciência e conversas que me ajudaram a crescer ao longo da jornada.

Aos membros integrantes da banca examinadora, Professora doutora Marian Rosaly Davolos e Doutora Carolina Sotério, pelo tempo e esforço dedicados a leitura e colaboração desta pesquisa.

Aos meus amigos, Jael Rossi, Luiz Ribeiro Matheus, Millena Silva, Mirela Simielli e Natan Ribeiro, por nossa amizade, cada um do seu jeito único, pelos laços que construímos, por todas as conversas, risadas, reclamações e companheirismo. Eu não chegaria até aqui se não fosse por cada um de vocês estarem comigo.

Aos meus amigos monitores do Centro de Ciências de Araraquara, Caroline, Luiz Gustavo, Hugo, Jéssica, João, Kawany, Maria Eduarda e Tamires. Gratidão por estarem na minha vida e por mudarem ela para melhor.

“Eis o meu segredo. É muito simples:
Só se vê bem com o coração. O essencial é invisível aos olhos.”

(Saint-Exupéry, 2016, p. 90)¹

¹ SAINT-EXUPÉRY, A. **O pequeno príncipe**. Rio de Janeiro: Agir, 2016.

RESUMO

Este trabalho discute a importância da divulgação científica para o ensino e popularização da ciência em ambientes não formais, como museus e centros de ciências. A divulgação científica nesse contexto permite transformar conceitos técnicos em conhecimentos acessíveis, aproximando o público não especializado, democratizando o acesso ao saber científico de forma aplicada, com foco na exposição itinerante “Fóton Unesp: fotônica para toda a comunidade” realizada no Centro de Ciências de Araraquara (CCA). Com uma montagem de uma cena de um crime para investigação forense com uma *MOF* de Európio (Eu-MOF), que apresenta propriedades luminescentes, o que proporcionou aos visitantes uma experiência visual e prática sobre os fenômenos de luminescência e suas aplicações na química forense. Utilizando a pesquisa qualitativa alinhada com a observação participante realizou-se uma análise da atividade promovida, bem como suas contribuições, que democratizam o acesso ao conhecimento científico, e desenvolvimento de sociedade mais informada e crítica devido à parceria da universidade com a comunidade. Concluindo-se que a divulgação científica, por meio das atividades educativas de fotônica, se configura como uma ferramenta fundamental para a inclusão e promoção da ciência aplicada, reforçando seu papel na construção coletiva de conhecimento e na transformação social.

Palavras-chave: Divulgação científica; Fotônica; Luminescência; Polímeros de coordenação; Educação não-formal.

ABSTRACT

This work discusses the importance of scientific dissemination for teaching and popularizing science in non-formal environments, such as museums and science centers. Scientific dissemination in this context makes it possible to transform technical concepts into accessible knowledge, bringing the non-specialized public closer together, democratizing access to scientific knowledge in an applied way, with a focus on the traveling exhibition “Photon Unesp: photonics for the entire community” held at the Araraquara Science Center (CCA). With a montage of a crime scene for forensic investigation with a Europium MOF (Eu-MOF), which has luminescent properties, which provided visitors with a visual and practical experience on luminescence phenomena and their applications in forensic chemistry. Using qualitative research aligned with participant observation, an analysis of the promoted activity was carried out, as well as its contributions, which democratize access to scientific knowledge, and the development of a more informed and critical society due to the university's partnership with the community. In conclusion, scientific dissemination, through photonics educational activities, is a fundamental tool for the inclusion and promotion of applied science, reinforcing its role in the collective construction of knowledge and social transformation.

Keywords: Scientific dissemination; Photonics; Luminescence; Coordination polymers; Non-formal education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Imagem da Exposição didática do laboratório de Química.	27
Figura 2: Imagem da Exposição didática do laboratório de Química.	27
Figura 3: Convite para as atividades de fotônica.....	29
Figura 4: Estrutura de uma <i>MOF</i>	31
Figura 5: diagramas de energia dos elementos terras raras.	34
Figura 6: Diagrama de níveis de energia dos TRs.	35
Figura 7: Efeito antena em compostos de coordenação com íons lantanídeos.	36
Figura 8: Estrutura Cristalina da <i>EuMOF</i> e <i>TbMOF</i>	37
Figura 9: Gráfico com o número de visitantes ao longo do evento.....	44
Figura 10: Demonstração de luminescência da <i>Eu-mof</i>	46
Figura 11: Tinta luminescente após a solubilizar a <i>Eu-mof</i> em limoneno.....	48
Figura 12: Apresentação dos suspeitos.	49
Figura 13: Palma da mão esquerda apresentando luminescência.....	50
Figura 14: Mão direita apresentando luminescência.	50
Figura 15: Escorpião Amarelo (<i>Tityus serrulatus</i>).	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCA	—	Centro de Ciências de Araraquara
CO ₂	—	Dióxido de carbono
Eu	—	Európio
IBRAM	—	Instituto Brasileiro de Museus
IQ	—	Instituto de Química
MOF	—	<i>Metal Organic Frameworks</i>
Ln ³⁺	—	Íons lantanídeos trivalentes
LnMOFs	—	<i>Metal-Organic Frameworks</i> com íons lantanídeos
PHC	—	Pedagogia Histórico Crítica
PNEM	—	Pesquisa Nacional de Práticas Educativas dos Museus Brasileiros
PROEC	—	Pró-reitoria de Extensão Universitária e Cultura
PEMBrasil	—	Política Nacional de Educação Museal
Tb	—	Térbio
UV	—	ultravioleta
UNESP	—	Universidade Estadual Paulista

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	CONTEXTO HISTÓRICO	21
1.2	ENSINO DE QUÍMICA	23
1.3	TIPOS DE ATIVIDADES MUSEAIS	24
1.3.1	Visitas Mediadas	25
1.3.2	Oficinas	27
1.4	FOTÔNICA	30
1.5	METAL ORGANIC FRAMEWORKS (MOFS)	31
2	OBJETIVOS	38
2.1	OBJETIVO GERAL	38
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	38
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	39
3.1.1	Abordagem Qualitativa	40
3.1.2	Observação Participante	41
3.1.3	Análise de conteúdo	42
3.2	ANÁLISE DE DADOS	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
4.1	EXPERIÊNCIA FOTÔNICA	44
4.2	SÍNTESE DA EU-MOF	45
4.3	CONTRIBUIÇÕES DAS ATIVIDADES	52
4.4	LIMITAÇÕES DAS ATIVIDADES	57
5	CONCLUSÃO	59
	REFERÊNCIAS	61

Apresentação:

Desde o ensino médio fui fascinado pelos cursos que ajudavam as pessoas de maneira direta, surgindo dessa forma uma grande admiração por profissões como cientistas, biomédicos e médicos. Inicialmente tive a oportunidade de visitar um laboratório de microbiologia na Universidade de Araraquara (UNIARA), após essa visita acabava de mudar minha visão de mundo sobre o que gostaria de fazer como curso superior.

A escolha do curso se deu pela forte influência do Instituto de Química Unesp (IQ) de Araraquara que contava com excelentes profissionais na área e com uma ótima tradição na formação de professores e cientistas. Mesmo sem a vontade de lecionar aulas, a escolha pela licenciatura foi necessária devido à disponibilidade de horários que eram poucas, o horário noturno contribuiu ainda mais para mudança da minha formação.

Mesmo no início da minha graduação não me sentia atraído pela área de química aplicada a metodologias industriais, conforme o passar dos anos minha experiência parecia não se encaixar com nenhuma área da química, até que houve o contato com o ensino de química, que serviu como ponto-chave para rever o sonho de se tornar um cientista.

As aulas ministradas pela professora Luciana Massi, nas quais se discutia sobre o acesso ao conhecimento científico crítico, por meio da pedagogia histórico crítica (PHC) contribuiu para visualizar as visões distorcidas a respeito de um cientista, como licenciando, o aprendizado que desenvolvi vai além, seja como professor, pesquisador e químico, diversas habilidades foram desenvolvidas por meio dos estudos, incorporando a teoria com a prática ao longo da graduação.

Na tentativa de compreender melhor a área que me despertou interesse passei a integrar um projeto de extensão do Centro de Ciências de Araraquara (CCA) um museu de ciências que possui vínculo com o IQ que se desenvolve como um espaço de educação não-formal em que se trabalha com divulgações científicas.

Atuando como monitor tive experiência com a exposição sobre fotônica promovida pelo projeto de extensão “Fóton Unesp: a fotônica para a comunidade” que me motivou a pensar em estudos avançados dentro da universidade que podem ser divulgados ao público não especializado e servir como material multidisciplinar para os professores da rede básica de ensino.

Após refletir sobre essa amostra da exposição decidi entrar em contato com o professor responsável pelo projeto de extensão, Professor Dr. Douglas Faza Franco, que já foi aluno da licenciatura em química e atualmente é professor e pesquisador do IQ da Unesp de Araraquara, vinculado ao departamento de Química Analítica, Físico-Química e Inorgânica (DAFQI).

O professor também atua na linha de pesquisa voltado para o ensino de química, e dessa forma os pensamentos e ideias em comum, realizei o convite para uma possível orientação e com prazer fui aceito com sucesso para desenvolver este trabalho.

Em conversa com o professor surgiu o interesse e a motivação para desenvolver um material de divulgação científica como um texto que possa ser utilizado futuramente para um jogo didático para analisarmos as percepções dos alunos e professores que visitam o CCA e participam dessa exposição itinerante.

Anteriormente houve uma primeira exposição de química voltada para apresentação de materiais luminescentes, na qual revelou um grande número grande de alunos e professores que possuíam o interesse de ver a química aplicada com as tecnologias desenvolvidas em pesquisa pelo IQ/Unesp em espaços não-formais de ensino. Com intuito de contribuir na divulgação científica para os professores do ensino médio, observamos que com a demanda do Novo Currículo, surgiu uma carência de materiais de química aplicada aos conhecimentos escolares. Além disso, o presente projeto visa a aproximação da comunidade com o IQ/Unesp, visando mostrar um pouco do que vem sendo estudado e desenvolvido em nossa instituição.

O escopo inicial desse projeto visa propor uma atividade/material de divulgação científica de temática forense, adaptando o conhecimento científico para leigos e demais indivíduos inseridos na sociedade, para auxiliar na visão de ciência.

1 INTRODUÇÃO

A perspectiva atual do conhecimento científico vem sendo cada vez mais desafiada para se propor a discutir sobre as consequências da ciência e os seus resultados, como a sociedade se interessa por resultados das atividades científicas, bem como na função social de desenvolvimento dos sujeitos por meio do acesso ao conhecimento científico (Ferreira, 2012).

Conforme a discussão de Ferreira (2012) a divulgação científica passa a ser utilizada de maneira frequente com o intuito de recriar o conhecimento científico e torná-lo mais acessível e estabelecendo uma ponte da ciência avançada com o restante da sociedade. Zamboni apresenta uma definição para divulgação científica como:

[...] a divulgação científica é entendida, de modo genérico, como uma atividade de difusão, dirigida para fora de seu contexto originário, de conhecimentos científicos produzidos e circulantes no interior de uma comunidade de limites restritos, mobilizando diferentes recursos, técnicas e processos para a veiculação das informações científicas e tecnológicas ao público em geral (Zamboni, 2001, p.46).

A divulgação científica tem um papel importante para a compreensão de ciência e, sobretudo, como porta de entrada para o conhecimento científico atual, uma vez que não apenas populariza a ciência, mas também forma consciência sobre a natureza do conhecimento científico (Ferreira, 2012). Dessa forma, é possível notar que a divulgação científica tem um potencial que pode influenciar e facilitar a incorporação do conhecimento científico sem a necessidade de formar indivíduos, uma vez que esse é o papel do conhecimento formal apresentado nas escolas e outras instituições formativas (Zamboni, 2001).

Além de que desempenha um papel fundamental na promoção do conhecimento e promove a democratização do acesso à ciência, tornando os conceitos complexos acessíveis ao público em geral. Quando alinhada com a educação formal, essa prática não apenas amplia o alcance do conhecimento científico, mas também fortalece a ligação entre a compreensão crítica e a formação de cidadãos conscientes.

Segundo Chassot (2011) a ciência, quando divulgada de maneira correta, contribui para a formação de uma sociedade mais instruída e capaz de tomar decisões fundamentadas.

No contexto educacional, a divulgação científica pode ser vista como uma ferramenta poderosa não apenas para os estudantes como também para o público, como forma de engajamento, despertando neles o interesse pela ciência e estimulando o pensamento crítico.

Freire (1996) argumenta que a educação na totalidade deve ser um processo de conscientização, em que o conhecimento é construído coletivamente e em diálogo com o mundo, no qual o indivíduo está inserido. Nesse sentido, a divulgação científica, ao ser integrada ao ensino formal ou não-formal, permite que os estudantes reconheçam a ciência como um empreendimento coletivo, histórico e humano, repleto de desafios, descobertas e transformações (Martins, 2024).

Essa abordagem não apenas enriquece o currículo escolar, mas também pode contribuir para o desenvolvimento de uma visão mais crítica e reflexiva sobre a ciência e a sua aplicação na sociedade.

Além disso, a interseção entre divulgação científica e educação facilita a construção de pontes entre a universidade e a sociedade, aproximando os avanços científicos do cotidiano dos estudantes. De acordo com Bauer (2009), a educação científica deve ir além da simples transmissão de conteúdos, envolvendo os alunos em processos de investigação e discussão que promovam a alfabetização científica. Ao integrar a divulgação científica no ambiente escolar, cria-se um espaço para os estudantes participarem ativamente do processo científico, compreendendo suas implicações sociais e éticas.

Portanto, a divulgação científica, quando alinhada à educação, não apenas enriquece o aprendizado dos alunos, mas também fortalece o papel da ciência na formação de cidadãos críticos e conscientes. Esse alinhamento é essencial para construir uma sociedade capaz de enfrentar os desafios contemporâneos, garantindo que a ciência seja um recurso acessível e relevante para todos (Martins, 2024).

Recentemente os museus e centros de ciências no Brasil têm um papel essencial na integração entre divulgação científica e educação, que vem crescendo cada vez mais, atuando como espaços fundamentais para a construção de uma cultura científica mais inclusiva e participativa (Paula; Pereira; Coutinho-Silva, 2019).

Esses espaços não formais de ensino oferecem aos visitantes, especialmente para estudantes, a oportunidade de interagir com conceitos científicos de forma prática e acessível, complementando o aprendizado formal das escolas e promovendo o engajamento com a ciência de maneira ativa e dinâmica (Marandino, 2017).

Além de promover exposições interativas, os diferentes museus e centros de ciências brasileiros realizam oficinas formativas, atividades educativas e visitas mediadas que incentivam a curiosidade e promovem pensamento crítico reflexivo, o que por sua vez facilita a compreensão dos processos científicos e sua aplicação no cotidiano (Marandino, 2017).

Esses espaços considerados não formais de ensino são fundamentais para a alfabetização científica, por permitirem que os visitantes desenvolvam uma compreensão ampla e contextualizada sobre ciência. Ao alinhar a divulgação científica com a educação, os museus e centros de ciências no Brasil contribuem significativamente para a formação de cidadãos críticos, capazes de entender e questionar a ciência em um contexto social mais amplo (Lorenzetti; Delizoicov, 2001).

Por meio das visitas mediadas nos centros e museus de ciência, que atendem diretamente os alunos de diversas escolas, de diferentes modelos de ensino, nota-se que as escolas sofrem com uma necessidade de materiais de apoio que despertem a atenção dos alunos de modo a desvelar uma ciência mais humana e construída coletivamente ao longo da história (Marandino; Ianelli, 2012).

Devido à reforma do Novo Ensino Médio que promoveu uma mudança no currículo, de modo que a adequação dele se define a partir da Lei 13.415 de 2017, o Ensino Médio passou a ser composto pela formação geral básica, com uma carga horária de 1800 horas e 1200 horas mínimas compostas por itinerários formativos (SEDUC, 2020). Percebeu-se que disciplinas como a química foram afetadas de maneira direta devido a sua carga horária pertencer agora aos itinerários formativos.

Para resistir a essa realidade, os espaços não-formais de ensino assumiram o papel de colaboradores no quesito de informação científica, por conta de não estar vinculado com o currículo escolar, centros e museus de ciência podem assim trabalhar a ciência de maneira ampla e concentrada em diferentes temas que estão relacionados ao conteúdo de ensino escolar (Menezes; Bevilaqua; Silva, 2022).

No Brasil, observa-se uma defasagem a respeito do conhecimento científico básico antes mesmo dessa reforma do Ensino Médio, indicando que o problema não está apenas na reforma, mas no que dita os documentos norteadores que regem o processo de ensino-aprendizagem (Borges, 2014).

Conforme os autores Frohlich e Silva (2017), há uma importância de promover então as instituições de ensino não-formal, já que estão comprometidas em promover a visão de ciência e com o campo da divulgação científica de modo abrangente.

Isso é, trabalhar e desenvolver ciência com os indivíduos presentes na sociedade contemporânea para que eles possam compreender e participar desse processo de desenvolvimento.

Por sua vez o conhecimento químico é de suma importância para ser entendido diante das circunstâncias que estamos inseridos num período pós pandêmico, os indivíduos não devem negar essa ciência historicamente produzida. Para alguns autores como Steola e Kasseboemer (2018) o conhecimento químico pode ser contemplado nesses espaços especialmente pela parceria com futuros cientistas que são os sujeitos habilitados para abordar a importância da Química para a comunidade em geral, sem criar visões distorcidas do conhecimento, sensacionalismos ou equívocos conceituais.

Tendo em vista que o conhecimento científico produzido pela universidade difere aos abordados, seja na escola como nos centros de ciência, pode-se dizer que os sujeitos que tiverem contato com as intuições de ensino não-formal, adquirem novos saberes durante o processo de ensino-aprendizagem (Palmieri, 2018).

Os denominados espaços não-formais atuam como ferramentas auxiliadoras de aprendizagem, dessa forma a química pode ser discutida e interpretada de forma diferente do senso comum (Maruyama, 2013).

Destaca-se que para as autoras Santos e Rocha (2021) as autoridades educacionais carecem de espaços culturais que podem ser mais divulgados em parcerias com a educação pública, gerando uma alta qualidade de cultura e educação. Diferentes questões devem ser levantadas sobre essa necessidade que os indivíduos estão enfrentando, a respeito da dificuldade de acesso à ciência, isso revela apenas uma parte de uma problemática muito maior que o país está enfrentando quanto ao material que não vem sendo utilizado (Indio, 2023).

Observou-se que os diversos tipos de materiais de divulgação científica possibilitam auxiliar e superar as dificuldades de escolha de conteúdos que possam conter erros ou possíveis distorções sobre o conhecimento científico, sendo que boa parte das características de um material de divulgação científica se baseia na adaptação, no uso de metáforas e analogias por meio de ilustrações e figuras, facilitando por sua vez a inserção desses materiais (Ferreira; Queiroz, 2012).

A divulgação Científica em espaços não-formais, nesse sentido, assume um papel crucial para auxiliar na educação básica, servindo como ponte entre o conhecimento científico acadêmico e a realidade dos alunos (Santos; Rocha, 2021).

1.1 Contexto histórico

A evolução dos museus como centros de disseminação científica e educação podem ser retratadas por meio de sua integração com estruturas de poder ao longo da história como na aristocracia e a igreja, particularmente durante o início do período moderno (Cavalcanti; Perschini, 2011). Inicialmente, os museus serviam para reforçar hierarquias sociais ao exibir coleções que representavam o divino e as conquistas de impérios, concentrando assim o conhecimento entre a elite e as classes reais.

Durante o século XIX, foi que os museus começaram a priorizar a pesquisa e a preservação de suas coleções, visando aprimorar seu papel na disseminação do conhecimento científico (Cavalcanti; Perschini, 2011). Entretanto, na segunda metade do século XX, ocorreu uma mudança de paradigma, pois os museus enfrentaram a necessidade de tornar suas coleções mais acessíveis ao público não especializado.

Para Palmieri e Silveira (2020) essa mudança foi caracterizada por um foco maior em exposições e iniciativas educacionais que buscavam atender a um público de forma mais ampla, refletindo assim um reconhecimento crescente da importância do engajamento público não especializado no âmbito de ciência e da cultura.

Enquanto no Brasil, a ascensão dos museus de ciências tem sido significativa desde a década de 1980. O surgimento dessas instituições surgiu como forma de contrapontos à educação tradicional, abordando as deficiências do ensino formal de ciências da época, que muitas vezes carecia de engajamento prático e treinamento eficaz dos professores (Cavalcanti; Perschini, 2011).

Cavalcanti e Perschini (2011) discutem que conseqüentemente, os museus brasileiros de ciência e tecnologia passaram a adotar métodos interativos com o intuito de promover a experimentação e estimular a criatividade pela busca de experiências. Alguns museus evoluíram para servir como laboratórios para práticas de ensino inovadoras e centros de treinamento para educadores, melhorando assim a qualidade geral da educação científica no país (Frohlich, Silva; 2017).

Além disso, a trajetória histórica dos museus no Brasil reflete um contexto global mais amplo, onde referências locais e identidades culturais ganharam destaque em meio a processos de globalização (Cavalcanti; Perschini, 2011). Esse fenômeno pode ser visto como uma resposta a influências externas, promovendo uma apreciação renovada do patrimônio local e dos sistemas de conhecimento, ao mesmo tempo, em que abraça o discurso científico contemporâneo (Palmieri; Silveira, 2020).

A transformação dos museus no século XXI ocorreu devido à construção coletiva da Política Nacional de Educação Museal (PNEM), que fortaleceu a importância do caráter histórico e nacional desses espaços (Rangel *et al.*, 2023). Dessa forma atualmente temos para o campo museal no Brasil os desafios contemporâneos, que incentivam a pesquisa nos campos conceituais e metodológicos, para o planejamento e desenvolvimento de melhores produções culturais dos museus, incorporando novas concepções (Rangel *et al.*, 2023).

Um ponto importante é sobre as formas como a comunicação científica é abordada nos espaços museais, que necessita ter cuidado para que não se caia no modelo de déficit descrito por Lewenstein (2003) que pressupõe que a falta de conhecimento do público em relação à ciência é um problema a ser resolvido pela transferência direta de informações dos especialistas para o público leigo.

Lewenstein (2003) discute que essa abordagem visa preencher um suposto "déficit" de entendimento, supondo que maior informação resultará automaticamente em maior apoio e compreensão da ciência. Contudo, este modelo foi amplamente criticado por ignorar a complexidade das interações sociais e culturais que moldam a recepção do conhecimento científico.

Ao longo do tempo, novos modelos surgiram para superar as limitações do modelo de déficit, incluindo o modelo contextual, o modelo de expertise leiga e o modelo de participação pública (Lewenstein, 2003). Os modelos posteriores reconhecem que o público não é um receptor passivo de informações, mas processa conhecimento de acordo com experiências pessoais, contextos culturais e sociais.

Para Lewenstein (2003) a evolução desses modelos reflete um esforço em tornar a comunicação científica mais interativa e relevante, valorizando tanto o conhecimento local quanto o engajamento ativo do público na ciência, promovendo, assim, um diálogo mais inclusivo e democrático.

No contexto da química, isso significa criar exposições e atividades que conectem conceitos químicos ao cotidiano e às experiências do público, essas atividades não apenas promovem o aprendizado, mas também ajudam a desmistificar a química, mostrando-a como uma ciência acessível e relevante (Domenici, 2008).

1.2 Ensino de química

A divulgação científica na área de química tem se consolidado como uma ferramenta essencial para aproximar o conhecimento científico do público não especializado, combatendo a percepção de que a química é uma ciência isolada ou inacessível, esse tipo abordagem se preocupa em transformar conceitos abstratos em experiências tangíveis, permitindo que o público compreenda a relevância da química no cotidiano (Lewenstein, 2003).

Como observado por Domenici (2008), museus e exposições químicas têm desempenhado um papel importante ao criar conexões entre o público e a ciência, utilizando práticas interativas e contextuais que destacam a aplicação da química em temas como sustentabilidade, saúde e energia.

Esse campo em crescimento também reflete uma preocupação com a alfabetização científica e a necessidade de engajar o público não especializado de forma mais ampla. Sotério e Queiroz (2022) destacam como iniciativas envolvendo estudantes de química como produtores de conteúdo, como a criação de revistas científicas virtuais, têm ajudado a aproximar a química de contextos atuais, como a pandemia de COVID-19.

Apesar dos avanços, ainda existem lacunas a serem preenchidas. Para o autor Lewenstein (2003) muitos esforços de divulgação científica na química enfrentam desafios, como a superação do modelo de déficit, que muitas vezes domina as práticas de comunicação científica.

Baseado na discussão das autoras Sotério e Queiroz (2020) a abordagem tradicional, baseada apenas na transmissão unilateral de informações, precisa dar lugar a práticas mais participativas e dialógicas, que promovam o envolvimento ativo do público e considerem seu contexto social e cultural.

Sendo assim que trabalhos como o desenvolvido no Centro de Ciências de Araraquara, envolvendo exposições como a I Semana da Fotônica, desempenham um papel crítico, ao integrar práticas interativas, como a aplicação de conceitos químicos em situações práticas, iniciativas como estas ajudam a tornar a química mais acessível e compreensível (Sotério; Queiroz, 2023).

A área como um todo ainda necessita de esforços constantes para criar abordagens inovadoras, contribuindo para que a divulgação científica em química se torne uma ferramenta transformadora no processo de ensino-aprendizagem e na construção de uma sociedade mais crítica e informada (Teruya, *et al.*, 2013).

1.3 Tipos de atividades museais

As atividades educativas museais servem como uma ferramenta colaborativa de apoio educacional que permite uma maior disseminação do conhecimento científico, particularmente no que se refere ao campo do ensino de química (Frohlich, Silva; 2017).

As autoras Frohlich e Silva (2017) destacam que as atividades museais desempenham um papel crucial na educação ao permitir que alunos e educadores se conectem com princípios científicos por meio de componentes interativos e práticos.

De acordo com Palmieri e Silva (2019) essas atividades são projetadas para preencher a lacuna entre o conhecimento teórico adquirido em sala de aula e as aplicações práticas que podem ser desenvolvidas em ambientes acadêmicos.

Elas abrangem uma ampla gama de formatos projetados para estimular o interesse, aprimorar a compreensão e promover o aprendizado colaborativo entre os participantes, visto que esse tipo de exposição está presente nos museus e centros de ciência se configuram como instituições permanentes e sem fins lucrativos, que devem estar abertos ao grande público, com o intuito de desenvolver e conservar o conhecimento científico (Rangel *et al.*, 2023).

O processo de comunicação entre o museu e o público, ocorre através da mediação, quer seja humana ou instrumental, podendo ser realizada pelos educadores ou por diversos aparatos dentro do espaço museal, seja um painel explicativo, um vídeo, um efeito sonoro, um objeto para o toque, ou qualquer instrumento que realize essa ligação entre o visitante e o que se expõe (Frohlich, Silva; 2017, p. 178).

Marandino (2017) argumenta que as exposições em museus são espaços de comunicação que vão além da simples apresentação visual de objetos. Elas dependem de uma interação humana essencial para mediar o entendimento do que está sendo exposto.

Pode-se apresentar alguns tipos de atividades que aproveitam do espaço da exposição, transformando o ambiente por meio de uma estratégia e assegurando que as Atividades museais contemple outros aspectos que envolvam o conhecimento (Izslaji; Marandino, 2012). Conforme Rangel *et al.* (2023) são diversas as práticas educativas museais que podem ser desenvolvidas como as visitas mediadas, sendo a mais comum atividade realizada devido ao caráter dialógico, pois essa atividade é responsável pelo primeiro contato do visitante com museu e serve de base para estabelecer as diferentes temáticas que estão presentes no espaço.

Os encontros com professores são ressaltados não com intuito de ensinar sobre o museu, mas sim sobre a troca de reflexões a educação com diferentes profissionais conforme a Rangel *et al.* (2023) discute:

É a oportunidade que se tem de trocar, com os professores, reflexões sobre educação, sobre a instituição museu e, é claro, sobre o museu onde acontece o encontro. Na verdade, é uma oportunidade para que o professor amplie sua visão sobre as possibilidades de um museu (Rangel *et al.*, 2023, p. 66).

Essa oportunidade de ouvir a opinião dos professores a respeito da ação das atividades do museu, serve de um diálogo colaborativo para os mediadores e responsáveis por parte da educação museal.

Programas voltados para famílias, são outro ponto destacado como um tipo de atividade que oferece ao público familiar uma experiência cultural e de lazer, despertando interesse para um público pequeno que visa desfrutar de espaços que ofereçam socialização e aprendizagem (Rangel *et al.*, 2023).

O IBRAM (2017) sugere outras opções de atividades para os museus desenvolverem, como oficinas de férias, ateliês e oficinas artísticas, visitas teatralizadas, jogos, exposições itinerantes, etc. Com intuito de apresentar atividades recreativas, explorando as potencialidades de estreitar os laços com os visitantes.

Uma das atividades frequentes nos museus são os ciclos de oficinas voltados para comunidade, cada uma com um determinado tema e com um público específico, visando desenvolver atividades de trabalho em grupo com desenvolvimento coletivo dos visitantes (Rangel *et al.*, 2023; Marandino, 2017).

1.3.1 Visitas Mediadas

As visitas mediadas frequentemente incluem interações diretas, que são fundamentais para a experiência dos participantes. Essas interações permitem que os visitantes se envolvam com as práticas ou conceitos que estão sendo discutidos, tornando o aprendizado mais tangível e envolvente (Gomes; Cazelli, 2016).

Rangel *et al.* (2023) discutem que a comunicação direta com os mediadores durante essas atividades enriquece ainda mais a experiência, pois os participantes podem fazer perguntas e receber esclarecimentos imediatos sobre o assunto em questão, devido a formação dos mediadores responsáveis pela apresentação.

De acordo com Davallon (2007) a mediação é definida como a adequação da linguagem e não só transmissão de um conteúdo, que de preferência seja por meio da comunicação. Essas visitas mediadas permitem então que os participantes testemunhem conceitos científicos em ação, promovendo assim uma compreensão tangível do assunto.

Para a pesquisadora Marandino (2008) as visitas mediadas são compostas por demonstrações que são projetadas com a finalidade de capturar a imaginação do público não especializado e facilitar o aprendizado interativo por meio da experimentação.

No Centro de Ciências de Araraquara (CCA) se trata de um espaço multidisciplinar e apresenta diversas exposições como as salas temáticas de Física, Matemática, Biologia, Mineralogia E Astronomia, Energias Renováveis, Salão Interativo, Trilha Sensorial, Composteira, Primo Levi E Laboratório De Química compõem a coleção de exposições presentes no CCA (Silveira; Maruyama, 2022).

São realizadas como visitas mediadas para escolas e grupos pequenos da comunidade, essas visitas são realizadas com a presença de um monitor mediador responsável, esses mediadores são alunos vinculados a UNESP, dos mais diversos cursos do campus de Araraquara como química, letras, pedagogia etc.

Desde 1999, a Pró-Reitoria de Extensão Universitária da Unesp, por meio de editais, disponibiliza bolsas de extensão para estudantes de Graduação atuarem em projetos realizados no CCA. Eles atuam como mediadores das visitas, participam de projetos, auxiliam na elaboração de novas atividades e exposições, além de realizarem pesquisas científicas (Silveira; Maruyama, 2022, p. 334).

Conforme Marandino (2008) a visita mediada em museus científicos nesse sentido é uma estratégia educativa que visa potencializar a experiência dos visitantes, proporcionando uma interação mais aprofundada com os conteúdos e exposições.

Essa abordagem estratégica torna o aprendizado mais dinâmico e significativo, pois possibilita a troca de conhecimentos entre mediador e visitante, a resolução de dúvidas em tempo real e a construção de uma compreensão mais sólida acerca dos temas abordados pela exposição (Silveira; Maruyama, 2022).

Os alunos da UNESP atuam como monitores/mediadores e seguem atualmente sendo em grande parte voluntários junto com bolsistas, desenvolvendo e supervisionando as exposições do CCA.

Como destaque uma das exposições mais procuradas é o laboratório de química no qual os mediadores atuam diretamente conduzindo diferentes experimentos. como apresentado nas figuras 1 e 2 que são imagens do próprio site do CCA conforme a disposição das imagens abaixo:

Figura 1: Imagem da Exposição didática do laboratório de Química.



Fonte: CCA, 2024.

Figura 2: Imagem da Exposição didática do laboratório de Química.



Fonte: CCA, 2024.

1.3.2 Oficinas

Gomes e Cazelli (2016) destacam um forte aliado das atividades museais, que ressaltam os saberes disciplinares, são as oficinas e workshops que são integradas às atividades museais, oferecidos a toda comunidade, em especial aos professores da rede básica de ensino. O oferecimento das discussões aprofundadas sobre tópicos científicos específicos, são liderados normalmente por especialistas na área.

Rangel *et al.* (2023) ressalta a importância dos ciclos de oficinas para oferecer a oportunidade de estabelecer conexão com seu público-alvo e assim construir novas possibilidades e realizar parcerias com diferentes associações e instituições.

O público-alvo das oficinas muda consoante o tema proposto, mas no geral é recorrente o foco em professores da rede básica de ensino que muitas vezes buscam

por materiais para contribuir em suas aulas e boa parte desses professores também já visitaram o espaço museal.

Os membros da comunidade trazem consigo uma rica bagagem de saberes tradicionais que são fundamentais para a identidade cultural. A partilha desses conhecimentos não apenas enriquece as experiências no museu, mas também promove um diálogo intercultural que beneficia tanto os visitantes quanto os moradores locais (Fonseca, 2022). Essa troca é vital para a valorização das práticas culturais e para a preservação da memória coletiva.

No CCA são desenvolvidas ao longo do ano diversos ciclos de oficinas de forma gratuita e com formação presencial, aberto a todos os públicos, na tabela abaixo apresenta alguns dos temas desenvolvidos, junto com a quantidade de pessoas que participaram da oficina.

Tabela 1: Número de participantes nas oficinas do Ciclo de Oficinas no CCA.

Data	Tema da oficina	Nº participantes
2023		
18/03	Ciências e Matemática: Experimentoteca	27
16/09	Impressão 3D: Equipamentos e Prática	28
07/10	Compostagem: Teoria e Prática	17
11/11	Fotônica para comunidade	16
2024		
20/04	Jardins medicinais: Repelentes e óleos essenciais	40
18/05	Protetores solares	16
10/08	Impressão 3D – 2ª edição	24

Fonte: Elaboração própria.

Essas oficinas incentivam a participação ativa dos sujeitos e promovem um ambiente de troca de conhecimento, respaldado cientificamente e conectando pesquisadores e professores, permitindo que os participantes se envolvam com o conteúdo de maneira significativa e colaborativa (Frohlich & Silva, 2017).

O presente trabalho foca nas atividades desenvolvidas durante a semana de fotônica para comunidade, que contou com as atividades ao longo de toda a semana e se concluindo no sábado dia 11 de novembro. Durante essa semana a exposição itinerante da “Fóton Unesp: fotônica para toda a comunidade”, contou com atividades que promoviam a química aplicada e apresentou um caso investigativo forense na qual se utilizou de um jogo para os visitantes.

Na Figura 3 apresenta o convite das atividades da I Semana da Fotônica, conforme a figura abaixo:

Figura 3: Convite para as atividades de fotônica.



Fonte: CCA, 2023.

Com a atividade montada em parceria com pelos grupos de Vidros Especiais (LaViE) e o grupo de Materiais Fotônicos (LAMF) do IQ/UNESP recebemos os visitantes durante 5 dias, apresentando os principais conceitos envolvidos desde química aplicada para a sociedade, química forense, química de coordenação, química geral, luminescência em materiais, fibras óticas, fotônica e a utilização das MOFs na sociedade contemporânea.

1.4 Fotônica

A fotônica é definida como a ciência dedicada a estudar a manipulação da luz, abrangendo sua geração, detecção, transmissão, modulação e amplificação. Este campo é essencial para diversas aplicações tecnológicas, incluindo telecomunicações, dispositivos médicos, sensores e lasers, destacando-se como uma área de pesquisa multidisciplinar em constante evolução (Nalin *et al.*, 2016).

A química por sua vez se entrelaça com a fotônica e desempenham um papel fundamental no desenvolvimento de dispositivos fotônicos, pois fornece a base para a compreensão e manipulação das interações entre luz e os materiais.

Segundo Nalin *et al.* (2016) a composição química dos materiais, como vidros e polímeros, é determinante para suas propriedades ópticas, influenciando diretamente sua capacidade de absorver, refletir, transmitir ou emitir luz em diferentes comprimentos de onda.

Essa relação estreita entre química e fotônica possibilita o desenvolvimento de materiais com características personalizadas para aplicações específicas, dentre os materiais mais utilizados em fotônica, destacam-se os vidros à base de óxidos de metais pesados e fluoretos (Nalin *et al.*, 2016). Esses materiais são amplamente empregados devido à sua alta transparência e estabilidade térmica, características que podem ser otimizadas por meio de modificações químicas.

De acordo Nalin *et al.* (2016) os vidros de óxidos de metais pesados são utilizados em lasers e amplificadores ópticos devido às suas excelentes propriedades de transmissão em comprimentos de onda específicos. As aplicações tecnológicas da fotônica estão intimamente ligadas à pesquisa em materiais avançados.

a integração entre química e fotônica não apenas possibilita o desenvolvimento de novos dispositivos, mas também promove soluções inovadoras para desafios tecnológicos contemporâneos, reforçando a relevância dessas áreas no cenário científico e industrial (Nalin *et al.*, 2016).

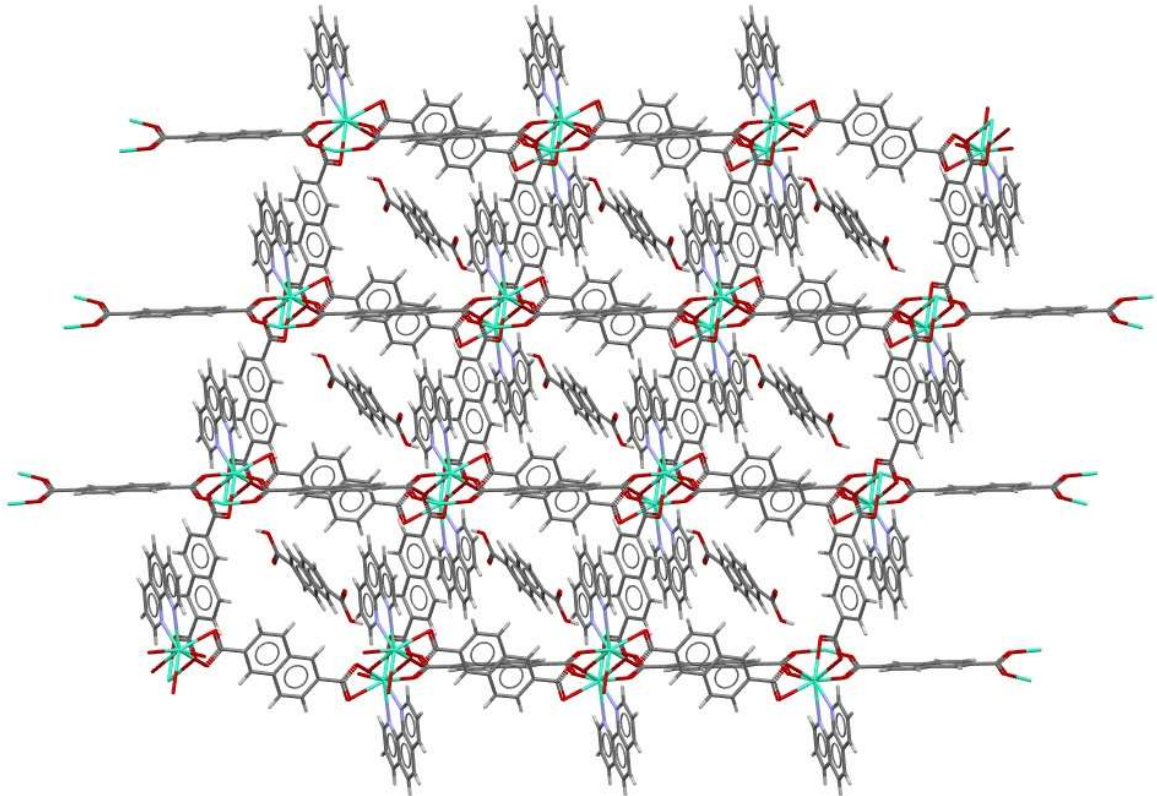
1.5 Metal Organic Frameworks (MOFs)

A Metal-Organic Framework (MOF) se trata de uma classe de materiais porosos que se caracteriza por uma rede de coordenação formada pela interação entre íons metálicos ou clusters e ligantes orgânicos multitópicos (Frem *et al.*, 2018).

Conforme Frem *et al.* (2018) a definição da IUPAC a respeito de uma MOF é descrita como uma rede de coordenação com ligantes orgânicos que contém cavidades potencialmente vazias, acessíveis após processos de ativação.

Pode-se observar por meio da figura 4 abaixo essa estrutura de rede de coordenação:

Figura 4: Estrutura de uma MOF.



Fonte: Ferreira, 2021, p. 3.

Uma das características de uma MOF é ter uma estrutura altamente porosa, permitindo a presença de espaços vazios que podem ser utilizados para armazenar moléculas, outra característica é sua alta cristalinidade, esses materiais apresentam uma organização cristalina que contribui diretamente para suas propriedades físicas e químicas (Frem *et al.*, 2018).

Para a autora, Frem *et al.*, descreve esse material como:

“Estes materiais são formados a partir da interação entre íons ou clusters metálicos e ligantes orgânicos multitópicos. Deve-se salientar que a ligação química metal-ligante envolvida na formação de MOFs

é de natureza predominantemente covalente do tipo ácido/base de Lewis (íon metálico e ligante, respectivamente), visto que se tratam de compostos de coordenação” (Frem et al., p. 1178, 2018).

Frem *et al.* (2018) discute sobre a superfície elevada que uma *MOF* tem, a área superficial dos *MOFs* é significativamente alta, o que os torna ideais para aplicações em adsorção e catálise.

E a sua funcionalização tem a possibilidade de modificar quimicamente os ligantes orgânicos o que permite a personalização das propriedades da *MOF* para atender a necessidades específicas em diversas aplicações (Arroyos,2018).

As potencialidades de utilização das *MOFs* estão principalmente intrínsecas em suas propriedades, na qual variam de acordo com os respectivos metais e ligantes presentes na sua estrutura (Frem *et al.*, 2018).

Arroyos (2018) destaca que esse material demonstra importância devido ao interesse comercial relacionado a fabricação de materiais anti falsificação, na produção de tintas de impressora a jato para a demarcação de materiais como cédulas monetárias, e principalmente na dopagem em materiais utilizados pela química forense, empregados na resolução de crimes.

Além disso, Arroyos (2018) destaca que durante o processo de síntese das *MOFs*, é essencial considerar parâmetros como pH, concentração, temperatura e, o tipo de solvente utilizado, pois todos desempenham um papel crucial e acabam por sua vez influenciado na formação das *MOFs*.

As principais aplicações com as *MOFs* têm atraído interesse tanto na universidade quanto na indústria, devido às suas múltiplas aplicações, que incluem a adsorção de gases: utilizados para armazenar e separar gases como hidrogênio, metano e dióxido de carbono (Frem *et al.*, 2018).

Para catálise por servirem como catalisadores em reações químicas, facilitando processos industriais. Na confecção de Fármacos: podendo ser empregados na encapsulação e liberação controlada de medicamentos (Frem *et al.*, 2018).

Além de servirem na fabricação de sensores devido às suas propriedades óticas, são utilizados em dispositivos sensoriais e aplicações fotônicas. A pesquisa sobre *MOFs* tem crescido rapidamente nas últimas duas décadas, especialmente após os trabalhos pioneiros de Omar Yaghi e colaboradores, que estabeleceram as bases para a síntese e caracterização desses materiais (Frem *et al.*, 2018).

A síntese da *MOF* requer o uso de íons metálicos e ligantes orgânicos polidentados, que geralmente são formados por meio de um mecanismo de automontagem. Pesquisadores utilizam elementos do bloco f (os lantanídeos, conhecidos como íons terras raras (TR), que de acordo com a teoria ácido-base de Pearson são considerados como ácidos duros, ou seja, apresentam raio iônico menor, e conseqüentemente, são pouco polarizáveis (ARROYOS, 2018).

De acordo com Nalin *et al.* (2016) os elementos TR são um grupo de 17 elementos químicos na Tabela Periódica, que incluem os 15 elementos da série dos lantanídeos (de Lantânio, La, a Lutécio, Lu), além de Ítrio (Y) e Escândio (Sc).

Sousa Filho *et al.* (2019), explica que eles são chamados de "terras raras" não porque sejam escassos na crosta terrestre, mas porque são difíceis de encontrar em concentrações econômicas e separar devido às suas propriedades químicas semelhantes. Os elementos TR apresentam subníveis f incompletos em suas configurações eletrônicas, o que influencia suas propriedades químicas e físicas (Frem *et al.*, 2018). Essa característica é fundamental para entender a reatividade e a aplicação desses elementos em diversas tecnologias.

Os elementos TR são notáveis por suas propriedades luminescentes únicas, que os tornam essenciais para diversas aplicações tecnológicas. Descobertos ao longo do século XIX, os TR foram inicialmente isolados de minerais, obtendo dessa forma os óxidos de TR comercial que possui suas propriedades ópticas e magnéticas que foram rapidamente reconhecidas (Nalin *et al.*, 2016).

A propriedade luminescente dos TR é particularmente destacada nesses íons quando ocorre um estímulo externo os excita, uma forma de radiação como a luz, fazendo com que atuem como luminóforos (centros emissores de luz), emitindo luz em comprimentos de onda específicos (Frem *et al.*, 2018).

Housecroft e Sharpe (2013) descrevem que a luminescência dos complexos de lantanídeos ocorre por meio de processos resultantes da excitação por uma fonte de luz ultravioleta (UV). Nos complexos de íons Ln^{3+} , a excitação por radiação UV induz a luminescência, embora, em algumas espécies, a observação desse fenômeno requiera baixas temperaturas (Lima; Malta; Alves, 2005).

Esse comportamento luminescente dos lantanídeos é explorado em aplicações tecnológicas, como fósforos para televisores e lâmpadas fluorescentes, onde desempenham papel crucial (Housecroft; Sharpe, 2013).

A luminescência observada nos lantanídeos origina-se das transições eletrônicas 4f-4f. No entanto, essas transições não ocorrem para configurações eletrônicas específicas, como f^0 , f^7 e f^{14} , devido a restrições de spin. Quando irradiados, os íons Ln^{3+} são promovidos a um estado excitado, retornando ao estado fundamental por meio de dois caminhos principais: emitindo energia na forma de fluorescência ou por processos não radiativos (Housecroft; Sharpe, 2013).

Figura 5: diagramas de energia dos elementos terras raras.

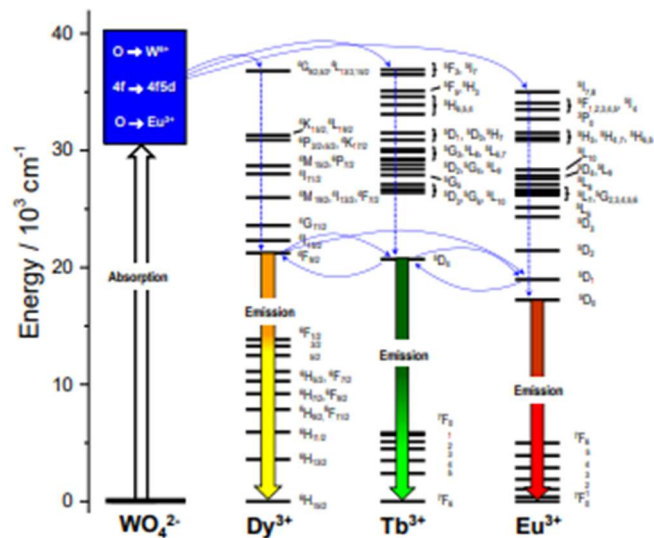
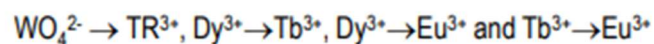


Diagrama parcial de energia de $\text{CaWO}_4:\text{Tb}^{3+}, \text{Eu}^{3+}, \text{Dy}^{3+}$ envolvendo transferência de energia matriz- TR^{3+}



Fonte: Barbosa, H.P.; Silva, I.G.N.; Felinto, M.C.F.C.; Teotonio, E.E.S.; Malta, O.L.; Brito, H.F. J Alloys and Compd., 696, 820 (2017).

Housecroft e Sharpe (2013) explicam que entre os lantanídeos, os íons Eu^{3+} e Tb^{3+} são particularmente valiosos comercialmente por suas emissões características — vermelha e verde, respectivamente — sendo amplamente utilizados em tecnologias de display e iluminação, enquanto o íon túlio (Tm^{3+}) emite luz com uma coloração azul.

Quando excitado, o íon Tm^{3+} na forma de óxido ou em complexos de coordenação, emite uma luminescência azul na faixa de cerca de 450-460 nanômetros, essa emissão azul do túlio é especialmente útil em aplicações como lasers de alta potência (Housecroft; Sharpe, 2013).

Neste caso, observa-se três etapas principais: a excitação inicial do ligante, a subsequente transferência de energia para o íon de lantanídeo e gerando assim finalmente, a emissão específica de luz característica do metal (Arroyos, 2018).

O efeito-antena permite que o ligante absorva energia e a transfira de forma eficiente ao lantanídeo, intensificando a emissão luminescente (Lima, Malta & Alves, 2005), conforme ilustrado abaixo na figura 7:

Figura 7: Efeito antena em compostos de coordenação com íons lantanídeos.



Fonte: (Arroyos, 2018, p. 24).

Essas características tornam as *MOFs* com terras raras promissoras para aplicações em diferentes tipos de sensores, dispositivos ópticos e outras tecnologias avançadas. Arroyos (2018) destaca algumas aplicações:

“No caso de sensores químicos, as *LnMOFs* podem ser consideradas materiais multifuncionais por associar porosidade às propriedades luminescentes (WANG et al., 2016), sendo possível analisar alterações na luminescência conforme alguma substância é adsorvida nas cavidades da *MOF*” (Arroyos, 2018, p. 25).

Atualmente existe um grande interesse em sensores de dióxido de carbono (CO_2) devido às emissões de larga escala desse gás que se relaciona com o aquecimento global e auxilia dos efeitos estufa. Arroyos (2018) discute que as *MOFs* contendo sítios metálicos abertos podem apresentar condições favoráveis para a adsorção de CO_2 .

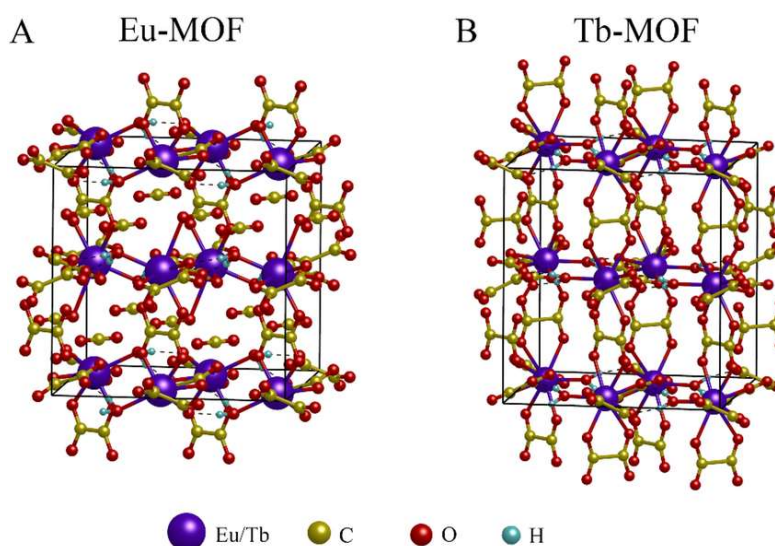
Novas *MOFs* tem sido documentadas e apresentam potenciais aplicações ao longo do tempo e por isso se faz necessário demonstrar sua importância para sociedade, destacando principalmente o fator de luminescência devido os materiais terras-raras possuírem alta absorção na região do ultravioleta (UV) (Arroyos, 2018).

Dentro desse contexto observa-se que as *MOFs* estão contribuindo para diversos problemas da sociedade, como esse material é considerado relativamente novo tanto para as pesquisas quanto nas aplicações da sociedade, existem muitas

descobertas que podem ser adaptadas em forma de materiais de divulgação científica e contribuir para motivar a pesquisa de *MOFs* no Brasil bem como na pesquisa brasileira envolvendo ciência e tecnologia (Frem et al., 2018).

A síntese rápida do *EuMOF* utilizando limoneno como solvente não apenas simplifica o processo, mas também contribui para a sustentabilidade, dado que o limoneno é um solvente verde. Além das propriedades Luminescentes: *MOFs* à base de európio apresentam intensa emissão de luz, especialmente em comprimentos de onda específicos, tornando-os ideais para aplicações em dispositivos ópticos e marcadores luminescentes (Frem et al., 2018). Na figura 8 abaixo apresenta uma representação da estrutura de uma *EUMOF* e *TbMOF*:

Figura 8: Estrutura Cristalina da *EuMOF* e *TbMOF*.



Fonte: Alzard, R. H. *et al.*, 2022, p. 6

Uma síntese eficiente devida utilização de limoneno na síntese do *Eu-MOF* permite uma abordagem mais rápida e ecológica, reduzindo a necessidade de solventes orgânicos tradicionais que podem ser prejudiciais ao meio ambiente. E a versatilidade da *Eu-MOFs*, por poderem ser utilizados em diversas aplicações, desde a codificação de segurança em documentos até a criação de materiais fotoluminescentes para dispositivos eletrônicos, aproveitando suas propriedades únicas (Frem et al., 2018).

Além do efeito do átomo pesado devido à presença de íons európio, que atuam como centros emissores, potencializa a eficiência da luminescência devido ao efeito do átomo pesado, que aumenta o acoplamento spin-órbita e melhora a emissão luminosa (Frem et al., 2018).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho visa investigar o impacto da exposição itinerante “Fóton Unesp: fotônica para toda a comunidade” analisando as principais contribuições da divulgação científica para os visitantes em suas percepções interdisciplinares do conteúdo químico aplicado.

2.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral deste trabalho a pesquisa desdobrou-se em contemplar os seguintes objetivos específicos:

- I. Compreender os conceitos e fenômenos químicos, bem como a síntese de uma *Metal Organic Framework* apresentando suas respectivas aplicações para a sociedade;
- II. Avaliar a receptividade dos Participantes por meio do levantamento de dados sobre o interesse dos visitantes durante a exposição e observações diretas;
- III. Identificar as contribuições da Divulgação Científica, analisando como a divulgação dos conceitos de fotônica e química por meio da exposição e como ela influencia a percepção dos visitantes, destacando o impacto interdisciplinar nas áreas de química e ciências afins;
- IV. Determinar as limitações da exposição, identificando as principais dificuldades e desafios enfrentados na organização e execução da exposição itinerante, com base no feedback dos participantes e organizadores;
- V. Divulgar as linhas de pesquisa do IQ/Unesp em uma ação conjunta com o Centro de Ciências de Araraquara (CCA).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa deste trabalho foi conduzida com base na abordagem teórico-metodológica qualitativa conforme a Moreira (2011) que define essa metodologia como a busca da interpretação dos significados atribuídos pelos indivíduos a suas respectivas ações em uma realidade socialmente construída, por meio das observações participativas da atividade educativas museais.

Isto implica que o pesquisador fique imerso no fenômeno de interesse e desse modo, utilizar a abordagem qualitativa visando identificar padrões que permitam formular hipóteses abrangentes sobre o objeto de estudo (Moreira, 2011).

Com essa metodologia, foi possível delinear um panorama do desenvolvimento e contribuições da I Semana da Fotônica realizada no CCA, a partir do levantamento de dados durante os cinco dias de atividade. O objetivo de analisar essas informações e compreender as principais contribuições dessas atividades para os alunos e professores da rede que participaram, de modo que contemple o objetivo de investigar o impacto da atividade, visando propor melhorias e perspectivas futuras para uma segunda edição do evento de modo que seja acessível a todos os públicos.

A técnica é descrita por Gil (2008), explica como a observação participante possibilita a compreensão profunda de comportamentos e atitudes dos indivíduos em contextos reais, particularmente relevante para atividades educacionais e científicas.

As observações foram registradas detalhadamente para o relatório destinado a Pró-reitoria de Extensão Universitária e Cultura (PROEC) com o objetivo de identificar os elementos que mais despertaram interesse ou suscitaram dificuldades nos participantes, assim como o número de visitantes, idade e cidade em que reside.

Para sistematizar e interpretar os dados obtidos, foi empregada a análise de conteúdo, uma técnica rigorosa de categorização dos dados qualitativos por Bardin (2016) que descreve a análise de conteúdo como um método que permite identificar padrões e temas recorrentes, oferecendo subsídios para compreender quais aspectos da exposição itinerante “Fóton Unesp: fotônica para toda a comunidade”, foram os mais significativos para os participantes em especial os estudantes e professores que participaram das atividades desta semana.

A exposição itinerante se apresenta como uma das oficinas presentes no ciclo de oficinas oferecidos no ano de 2023 e apresenta uma atividade educativa museal com a montagem de uma cena de um crime para investigação forense.

A montagem dessa cena de um crime para investigação forense foi pensada com o objetivo de demonstrar como se pode utilizar a química aplicada dentro da sociedade, vinculado com a química forense. Durante essa semana foram agendadas visitas com um público de ensino médio, que buscavam uma exposição que desenvolvessem uma atividade que pudesse contribuir com o itinerário formativo de química aplicada e o subtema envolvido sendo química forense.

3.1.1 Abordagem Qualitativa

Segundo Moreira (2011) a metodologia qualitativa é uma abordagem que busca compreender os significados e interpretações atribuídos pelos indivíduos acerca de suas próprias experiências e ações dentro de uma realidade socialmente construída. Diferente das metodologias quantitativas, que buscam mensurar variáveis e estabelecer relações causais, a pesquisa qualitativa foca na subjetividade dos sujeitos e na complexidade das interações sociais, com o objetivo de explorar fenômenos em sua profundidade e riqueza de detalhes de maneira expressa.

Nesse sentido, o pesquisador qualitativo deve adotar uma postura interpretativa, assumindo o papel de mediador entre as narrativas dos participantes e as categorias analíticas, na tentativa de desvelar as múltiplas camadas de significados presentes em suas ações. Moreira (2011) enfatiza a importância de o pesquisador qualitativo desenvolver uma proximidade com o ambiente e os sujeitos estudados, permitindo que ele observe e experimente as situações.

Para isso, o pesquisador deve frequentemente utilizar técnicas como a observação participante, entrevistas em profundidade e análise de documentos, de modo a capturar tanto os comportamentos visíveis quanto os significados internos que os sujeitos atribuem às suas práticas de maneira discreta (Moreira, 2011).

Esse envolvimento próximo possibilita uma coleta de dados rica e detalhada, onde o pesquisador busca identificar padrões e recorrências nos discursos e comportamentos que permitam compreender o fenômeno de maneira natural e intrínseca de cada indivíduo. Além disso, a pesquisa qualitativa, conforme descrita por Moreira (2011) é caracterizada pela sua flexibilidade metodológica e abertura à interpretação dos dados.

Permitindo que o processo de investigação se ajuste conforme novas informações e ideias que emergem, tornando-se um procedimento dinâmico e iterativo com os participantes das atividades da pesquisa (Moreira, 2011). Essa característica

torna a abordagem qualitativa especialmente útil para estudos exploratórios e interpretativos, onde o objetivo é construir uma compreensão complexa de fenômenos sociais e culturais. Moreira (2011) destaca que, ao realizar esse tipo de pesquisa, o pesquisador assume uma postura de escuta ativa e respeito pelas perspectivas dos participantes, o que contribui para a produção de um conhecimento mais próximo da realidade dos sujeitos e enriquecido pela diversidade de suas experiências.

3.1.2 Observação Participante

A observação participante, conforme descrita por Gil (2008) é uma técnica de pesquisa qualitativa que se caracteriza pelo envolvimento direto do pesquisador no ambiente investigado. Esse método permite que o pesquisador se insira no contexto dos sujeitos estudados, observando suas práticas, comportamentos e interações sociais de forma direta e em tempo real.

Ao adotar uma postura de proximidade com os participantes, o pesquisador consegue captar nuances específicas das relações e significados que, muitas vezes, não estariam acessíveis por meio de métodos de pesquisa distanciados (Gil, 2008). Proporcionando assim uma compreensão mais profunda e rica das experiências e dos significados atribuídos pelos indivíduos, uma vez que o pesquisador observa os fenômenos dentro do ambiente natural onde ocorrem (Gil, 2008).

Para Gil (2008) destaca que a observação participante para que seja eficaz exige que o pesquisador assuma um papel ativo e intencional, equilibrando a proximidade com os sujeitos e a objetividade necessária para interpretar os dados.

Esse método, embora valioso, apresenta desafios, como a necessidade de o pesquisador gerenciar seu próprio impacto no ambiente e nos sujeitos observados, pois a sua presença pode influenciar as respostas ou comportamentos dos participantes (Gil, 2008). A observação participante demanda, ainda, a realização de registros de campo detalhados, nos quais o pesquisador anota percepções, reflexões e descrições detalhadas do que observa, preservando a autenticidade dos eventos e garantindo uma análise fiel e robusta.

Dessa forma Gil (2008), aponta que a observação participante, como descrita, contribui significativamente para a coleta de dados em pesquisas qualitativas, especialmente em contextos educacionais e de divulgação científica, onde as dinâmicas sociais e as práticas culturais possuem grande importância.

Durante a I Semana de Fotônica o foi desenvolvido essa observação com a presença do pesquisador como mediador das atividades, atribuindo a ele o papel de apresentar a dinâmica e o conteúdo científico por trás dela. Contando com o auxílio dos demais mediadores e pesquisadores da área de Fotônica, pode se realizar a sistematização da observação participante.

3.1.3 Análise de conteúdo

A análise de conteúdo segundo Bardin (2016) é um método de investigação qualitativa que busca interpretar e sistematizar dados de maneira rigorosa e estruturada. O processo é dividido em três etapas principais: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados e interpretação. Essas etapas são interdependentes e visam organizar os dados de forma que se possa extrair significados relevantes.

Na primeira etapa de pré-análise ocorreu a preparação do material, a escolha dos dados obtidos por meio de entrevistas e avaliações por meio do formulário. A partir da leitura flutuante do material para obter a visão geral e consequentemente identificar categorias de análise (Sotério; Queiroz, 2022).

Já para a próxima etapa se tratou da exploração do material e a categorização, agrupando os principais comentários feitos pelos participantes das atividades, posteriormente essas categorias foram sendo refinadas à medida que se agrupavam as percepções coletadas quando comparadas com a literatura.

Nessa etapa houve a codificação, ou seja, a transformação do conteúdo bruto em unidades de análise (palavras, frases ou parágrafos) que representem conceitos relevantes (Sotério; Queiroz, 2022).

Por fim a etapa final ocorreu tratamento de interpretação dos resultados obtidos. Os dados nesse sentido são analisados em relação aos objetivos e hipóteses formulados, contextualizando os resultados na literatura existente.

Bardin (2016) orienta que se deve concluir essa etapa com apresentação das conclusões sintetizadas em um formato coerente, com evidências extraídas diretamente do corpus analisado.

3.2 Análise de dados

De acordo com Carvalho (2013) o processo de análise em uma pesquisa qualitativa deve seguir uma abordagem criteriosa para organizar e interpretar os dados e observações, especialmente em contextos museais, como nas atividades de divulgação científica. Esse tratamento dos dados permite que o pesquisador identifique temas e padrões emergentes nas respostas dos participantes, facilitando uma compreensão detalhada das experiências vivenciadas durante o evento.

Na presente pesquisa, os dados coletados foram cuidadosamente examinados por meio de uma análise de conteúdo das observações que permitiram estruturar o entendimento dos principais temas observados, como o engajamento dos alunos e professores, a compreensão dos conteúdos científicos abordados e o impacto das atividades práticas na formação dos participantes (Carvalho, 2013).

Para Carvalho (2013) também salienta que a análise de dados em pesquisas deve-se contextualizar os resultados no cenário mais amplo das práticas pedagógicas e de divulgação científica. Por meio da interpretação dos dados, foi possível identificar as evidências de contribuições das atividades museológicas para a promoção de uma aprendizagem mais significativa, na qual os alunos relacionam conceitos científicos ao cotidiano e desenvolvem uma visão interdisciplinar do conhecimento.

Dessa forma, a análise realizada não só identificou os benefícios, desafios e limitações do evento para a formação dos participantes, mas também embasou proposições de melhorias e perspectivas futuras para a continuidade e expansão da iniciativa do evento (Carvalho, 2013).

Utilizando as etapas de análises de Bardin (2016) foi possível estruturar desde a organização e planejamento do evento, bem como os materiais utilizados na aplicação, explorando as possibilidades dentro do evento, por fim com a interpretação e conclusão a respeito dos resultados obtidos.

Essa contextualização das observações possibilitou projetar um planejamento mais eficiente para futuras edições, ajustando aspectos organizacionais e metodológicos com base nas limitações identificadas e nas contribuições observadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

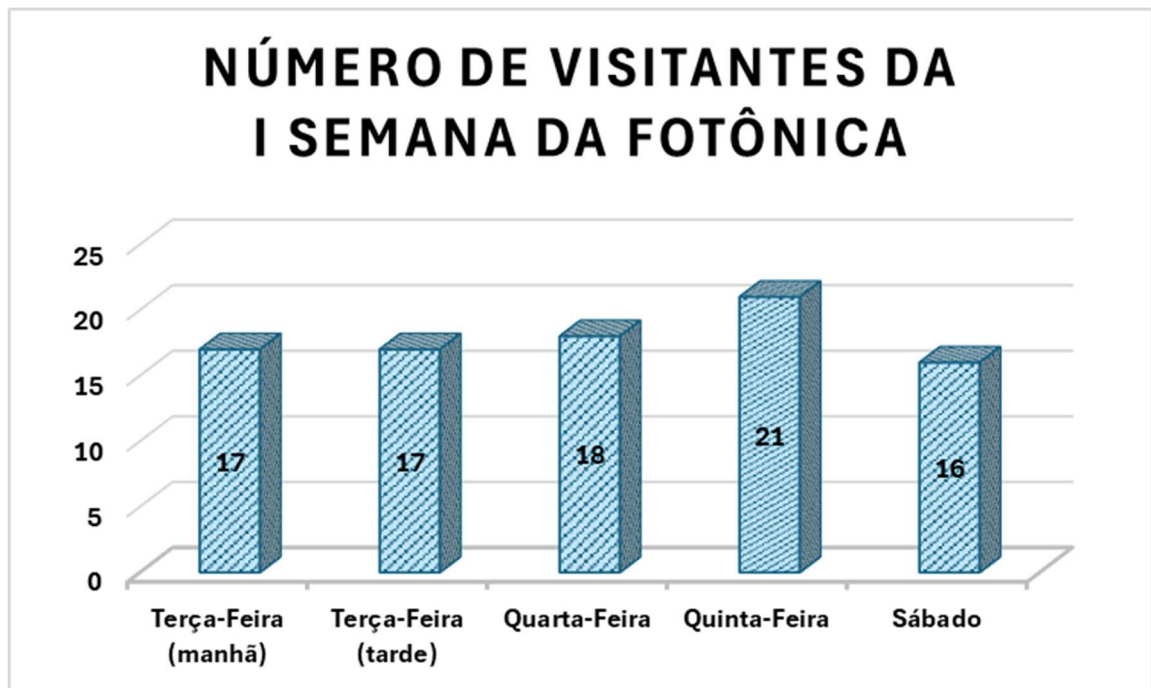
4.1 Experiência Fotônica

Para a preparação do evento foi organizado um cronograma envolvendo a organização das atividades para a I Semana da Fotônica, que envolveu a síntese do composto baseado em Eu-MOF para posterior utilização dele no espaço do CCA.

No Dia 07 a 11/11 aconteceu no CCA a Semana FótonUnesp: a fotônica para comunidade, durante a semana em que foi desenvolvida as atividades contamos 89 visitantes presentes nas atividades. Já no dia 11/11/2023 ocorreu a Oficina Fotônica para comunidade: Teoria e Prática, que contou com 16 participantes.

Na figura 9, observa-se um gráfico que ilustra o número de visitantes que participaram nas atividades do evento ao longo da semana. Durante os dias úteis, a quantidade de participantes manteve-se em uma média estável, alcançando seu pico na quinta-feira, com 21 visitantes. Em contrapartida, o menor número de participantes foi registrado no sábado, com apenas 16 visitantes envolvidos nas atividades.

Figura 9: Gráfico com o número de visitantes ao longo do evento.



Fonte: Elaboração própria.

Apesar da baixa adesão de visitantes na atividade realizada no sábado, é importante destacar que ainda houve interesse por parte de um público significativo, o que demonstra a relevância e o apelo das atividades propostas durante o evento.

Esse dado reforça que a proposta atraiu atenção, mesmo enfrentando desafios sazonais, como o período do final do ano, quando a agenda das pessoas tende a ser mais atribulada devido a compromissos pessoais e familiares.

A realização de eventos científicos em épocas como essa pode naturalmente impactar o engajamento esperado, mas a presença daqueles que compareceram demonstra que a atividade possui potencial de atratividade e relevância. Além disso, a experiência coletada durante o evento proporciona percepções valiosas para ajustar o planejamento de futuras edições, considerando períodos mais propícios e estratégias de divulgação mais abrangentes.

Portanto, mesmo com o número reduzido de participantes em relação a outros dias, a realização da atividade foi válida, tanto para promover o conhecimento científico quanto para evidenciar o interesse do público em iniciativas que conectem ciência e sociedade. Isso reforça a importância de continuar investindo em atividades de divulgação científica, ajustando suas realizações ao contexto temporal e social para ampliar o alcance e o impacto.

4.2 síntese da Eu-MOF

Após a síntese da Eu-MOF, realizou-se a preparação do produto final utilizado para montar a exposição contendo a atividade para os visitantes.

No quadro 2 abaixo apresenta o cronograma de atividades desenvolvidas:

Quadro 2: Cronograma de Atividades.

Atividade	Data
Síntese da Eu-mof	03/11/2023
Preparação da tinta luminescente	
Montagem da atividade no CCA	06/11/2023
I Semana da Fotônica	03/11/2023 a 06/11/2023

Fonte: Elaboração Própria

Para a realização da síntese, foi necessária uma consulta na literatura a respeito dos processos de síntese envolvendo MOFs, realizando o levantamento por meio do periódico eletrônico digital Scielo e o repositório institucional da UNESP, retornando assim os nomes de alguns pesquisadores brasileiros que possuíam trabalhos na área que poderiam contribuir para essa etapa do processo.

Por isso a realização dessa síntese utilizou-se como referências os estudos de Verruma (2022), Frem *et al.* (2019) e Arroyos (2018) que são pesquisadores conhecidos por trabalharem com MOFs.

Para a síntese descrita no quadro abaixo contou-se com a colaboração de Arroyos de maneira direta para a realização da síntese.

O Quadro 3 abaixo apresenta a etapa inicial realizada no laboratório do IQ:

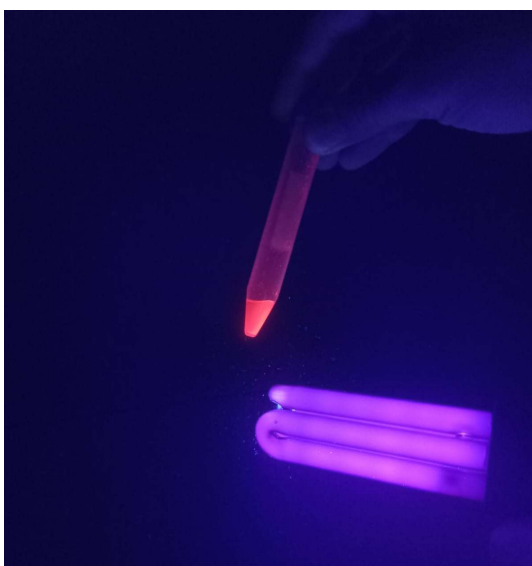
Quadro 3: Processo de síntese de Eu-MOF.

- Para a síntese da Eu-MOF, pesou-se separadamente 0,37 g de $\text{EuCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 0,20 g do ligante ácido 2,6-naftalenodicarboxílico e 0,09 g de 1,10-fenantrolina.
- Em seguida foi adicionado esses três sólidos em um béquer, em seguida, solubilizados em 100 mL de solvente dimetilformamida (DMF).
- Em seguida consistiu na adição de 10 mL de trietilamina, que atuou como uma base fraca para desprotonação do ligante carboxílico.
- O produto da etapa acima foi mantido sob agitação magnética por 10 minutos, em seguida, centrifugado por aproximadamente 5 minutos, obtendo um sólido precipitado que foi lavado com etanol e reservado.

Fonte: Elaboração Própria.

Após a síntese, o processo de emissão do composto foi verificado por meio da exposição do material a uma fonte de excitação na região do ultravioleta, Figura 10. Deve-se destacar que a emissão da cor vermelha se deve a transição eletrônica do íon Eu^{3+} ($^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_2$) em aproximadamente 614 nm [REF do espectro de emissão].

Figura 10: Demonstração de luminescência da Eu-mof.



Fonte: Elaboração Própria.

Na próxima etapa nos preocupamos preparar a tinta luminescente utilizando materiais que não fossem perigosos e tóxicos para a preparação dessa tinta.

Optamos por realizar uma reciclagem química utilizando o poliestireno (PS) para ser dissolvido em limoneno para a formação de uma solução viscosa para dar liga a tinta. Sendo dissolvidos 3,76 g de PS em 10 mL de limoneno.

Silva, Freitas e Rocha (2022) discorrem que o poliestireno é um polímero termoplástico que consiste em cadeias de estireno, que é uma molécula apolar. Por sua vez o limoneno, sendo uma substância apolar encontrado em óleos cítricos que age como um solvente eficaz para o poliestireno.

Por ter uma estrutura apolar compatível, o limoneno pode interagir e "solubilizar" o poliestireno, separando as cadeias de polímero umas das outras. Esse processo forma uma solução ou mistura homogênea onde o poliestireno se dispersa dentro do limoneno (Silva; Freitas; Rocha, 2022).

Ao dissolver o poliestireno em limoneno, o material perde sua rigidez e forma uma massa plástica ou gel, o que pode ser interessante para aplicações em reciclagem de poliestireno ou na fabricação de novos produtos a partir de resíduos de espuma plástica como as bandejas e copos de isopor (Silva; Freitas; Rocha, 2022).

Esse método é um exemplo de reciclagem química, que converte plásticos de uso único em formas reutilizáveis de matéria-prima para novos processos industriais.

Com esse gel formado se inicia a etapa de produção da tinta luminescente conforme o quadro 4 abaixo:

Quadro 4: Preparação da tinta Luminescente.

- Em um béquer pequeno de 25 mL, adicionar cerca de 2 mL do gel formado pelo PS em limoneno e misturar com uma ponta de espátula da Eu-MOF que também apresenta uma aparência semelhante a de um gel.
- Utilizando uma bagueta para homogeneizar.
- Em seguida, testar a luminescência da tinta em exposição a excitação de uma lâmpada UV (365 nm - luz negra).
- Observar a emissão da coloração avermelhada como resultado.

Fonte: Elaboração Própria.

O resultado esperado é a tinta contendo a luminescência e aderindo as superfícies como uma "cola transparente" devido a dissolução da Eu-MOF no gel. A tinta está pronta para uso até secar ou evaporar a solução de limoneno.

Na figura 11 pode-se observar a tinta ainda no béquer conforme abaixo.

Figura 11: Tinta luminescente após a solubilizar a *Eu-mof* em limoneno.



Fonte: Elaboração Própria.

Após a preparação dos materiais, foi montada a uma cena de um crime para investigação forense, promovendo um jogo lúdico no espaço, com a premissa de um roubo no espaço de um laboratório fictício.

A premissa do jogo foi desenvolvida com o aluno João Octavio 2023, que propôs a ideia central de que um roubo ocorreu no laboratório fictício de química, onde um item valioso foi furtado. Um suspeito foi visto por testemunhas saindo do laboratório com algo em mãos, e deixou cinco pistas que podem ajudar a descobrir o que foi roubado e quem é o ladrão. As principais pistas foram identificadas por meio do auxílio de uma tinta de *Eu-MOF* que reage diretamente com a luz UV.

Entretanto foram encontrados três suspeitos como descrito na figura 12 feita pelo João Octavio abaixo:

Figura 12: Apresentação dos suspeitos.



Fonte: Quintão, J. O. A. 2023.

E na noite do incidente, um funcionário do laboratório ouviu barulhos estranhos e, ao investigar, avistou uma figura encapuzada saindo rapidamente do local. Ao entrar no laboratório, percebeu que algo estava errado: um reagente importante havia desaparecido. As seguintes pistas foram encontradas no local do crime.

Pistas como uma trilha de pegadas se estende por todo o trajeto que o suspeito fez ao sair do laboratório fictício. As pegadas são de tamanho 39 a 41, o que pode ajudar a identificar o suspeito. Apresentou-se também um quadro com alguns dados dos suspeitos com as seguintes informações:

Quadro 5: Informações dos suspeitos.

Suspeitos	Altura	Tamanho do pé
Paulo	1,83 m	41
Saulo	1,85 m	41
Ana	1,70 m	39

Fonte: Quintão, 2023.

Além de uma mensagem na Lousa do laboratório, foi encontrada uma mensagem escrita com tinta invisível: "Quer saber quem sou? Descubra meu nome:

Estou mais próximo do sol do que dos pássaros." Essa frase enigmática pode ser uma pista crucial para identificar o ladrão ou entender suas motivações.

Por fim os visitantes puderam concluir por meio das pistas coletadas no laboratório de química oferecem uma visão intrigante sobre o roubo ocorrido. A combinação das pistas e as mensagens enigmáticas pode levar à identificação do criminoso e à recuperação do item valioso que foi furtado.

A investigação deve prosseguir com atenção aos detalhes para desvendar esse mistério! Nas figuras 13 e 14 utilizamos o local para marcar algumas pistas e a equipe organizadora demarcou o local com a tinta e com um breve contato com a palma das mãos já deixava evidências de uma pessoa que passou pelo local.

Nas figuras abaixo é possível observar que o piso não exibe propriedades luminescentes, o que contribuiu para a melhor absorção da tinta:

Figura 13: Palma da mão esquerda apresentando luminescência.



Fonte: Elaboração Própria.

Figura 14: Mão direita apresentando luminescência.

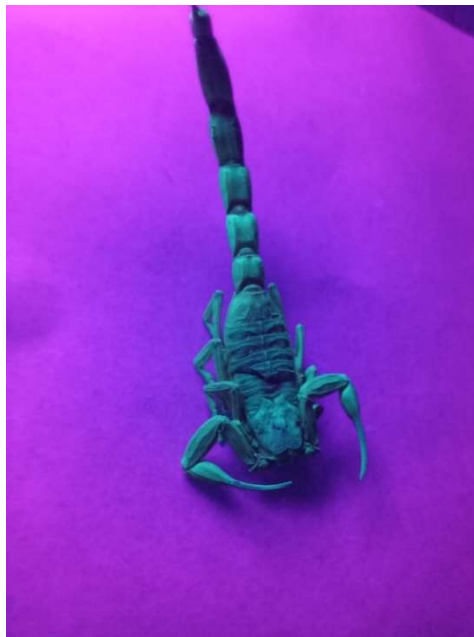


Fonte: Elaboração Própria.

Com a atividade montada em parceria com o grupo Fotônicos (LAMF e LaVie) do IQ/UNESP recebemos os visitantes durante 5 dias, apresentando os principais conceitos envolvidos desde química aplicada para a sociedade, química forense, química de coordenação, química geral, luminescência em materiais, fibras óticas, fônica e a utilização das *mofs* na sociedade contemporânea.

Além disso durante a exposição, também foram apresentados exemplares de escorpiões amarelos já falecidos, com o objetivo de demonstrar a luminescência característica do exoesqueleto desses animais sob luz ultravioleta. Essa propriedade, resultante de compostos específicos presentes na cutícula, foi utilizada como uma abordagem educativa para explorar conceitos de luminescência e interações químicas. Como pode se observar abaixo na figura 15:

Figura 15: Escorpião Amarelo (*Tityus serrulatus*).



Fonte: Elaboração própria.

A demonstração teve um impacto significativo, especialmente por destacar a relevância desse fenômeno e como utilizar a favor da sociedade no contexto local, já que o escorpião amarelo (*Tityus serrulatus*) é uma espécie que representa um problema de saúde pública na cidade de Araraquara, frequentemente assolada por acidentes, envolvendo esse animal.

Ressaltou-se a informação de que com auxílio de uma lâmpada UV é capaz de identificar o escorpião em ambientes escuros. A atividade buscou, além de promover a compreensão científica, conscientizar os participantes sobre os riscos e a importância do manejo adequado dessa espécie.

Notou-se um grande interesse e disposição por parte dos alunos em buscarem os pesquisadores para se informar mais a respeito desse conhecimento, que por meio da atividade despertou interesse e permitiu relacionar outras disciplinas e conteúdo para esse evento.

4.3 Contribuições das atividades

A observação participante descrita por Gill (2008) permitiu que compreender melhor a realidade dos sujeitos estudados que participaram dessas atividades e captando as reações, interações e percepções dos alunos e professores durante o evento de fotônica. Pode se observar que houve grandes contribuições para ambos os lados, tanto para os alunos como para o professor.

Já a análise de Bardin (2016) permitiu organizar, interpretar e sistematizar os dados qualitativos coletados durante o evento. O processo possibilita uma compreensão detalhada das percepções e impactos das atividades na aprendizagem dos participantes e na prática pedagógica dos professores.

Na etapa de pré-análise inicialmente foi identificando os principais temas relacionados ao engajamento, compreensão dos conceitos de química e fotônica, e a relevância das práticas interdisciplinares, escolhendo assim a química aplicada e a utilização do subtema da química forense como os principais temas.

Durante os cinco dias de atividades notou-se que participaram 89 participantes no total, que tiveram contato direto com temas de química aplicada, fotônica e em especial a introdução a química forense por meio da cena de um crime para investigação forense utilizando materiais que são desenvolvidos na universidade, pelos grupos de Laboratório de Vidros Especiais (LaViE) e o grupo de Laboratório de Materiais Fotônicos (LAMF).

Durante esse período houve a segunda etapa destacada por Bardin (2016) na qual houve a exploração do material ao longo dos cinco dias de evento, coletando os dados por meio das expressões verbais dos visitantes, gestos de engajamento e perguntas levantadas pelos participantes.

Dessa forma atribui-se categorias de contribuição, que incluíram "engajamento dos alunos", "percepção dos professores", e "compreensão dos conceitos de fotônica e química forense". Cabe ressaltar que a compressão do conhecimento de maneira adaptada, permitiu que os alunos interpretassem a realidade de outra maneira.

Ainda nesse período permitiu-se realizar a codificação para identificar padrões, como o entusiasmo dos alunos ao observar a luminescência de materiais, a relevância da cena de crime forense para conectar ciência avançada ao cotidiano, e o impacto positivo nas práticas pedagógicas dos professores. Por meio da contextualização alinhada as visitas mediadas, as atividades museais foram de extrema importância para esses estudantes.

Na terceira e última etapa descrita por Bardin (2016) os resultados foram organizados e interpretados para responder aos objetivos do trabalho, os padrões encontrados anteriormente na segunda etapa foram refinados e estabelecidos como três categorias descritas como **Impacto nos alunos, Engajamento prático e a Contribuição para os professores:**

No que tange a categoria de impacto nos alunos, observou-se a resposta visível durante as observações foi a respeito do impacto da ciência aplicada e o engajamento dos estudantes do ensino médio em participarem de maneira ativa, trazendo suas visões a respeito do conhecimento científico e na percepção dos professores sobre o conteúdo prático (Moreira, 2011).

Ainda nessa categoria acrescenta-se que curiosidade despertada pelas propriedades luminescentes da *Eu-MOF*, presente na cena de crime forense, que facilitaram a compreensão de conceitos abstratos de química e física, que apresentavam ser distantes da realidade dos visitantes mas que com o auxílio dos mediadores ficou mais fácil de entender.

De acordo com Rocha e Marandino (2020) o processo de mediação em ambientes educativos não formais, como museus e exposições científicas, desempenha um papel fundamental ao facilitar a interação entre o público e o conhecimento científico.

Em relação a categoria de engajamento prático, notou-se por meio da observação dos participantes o interesse inicial dos visitantes, devido ao surgimento de questionamentos e conseqüentemente no nível de envolvimento durante a demonstração, gerando uma compreensão mais profunda de como essa vivência científica desperta curiosidade e facilita a aprendizagem de conceitos abstratos de química e física por exemplo.

Com a análise qualitativa proposta por Moreira (2011), a pesquisa pode categorizar e interpretar as respostas e impressões coletadas durante o evento, permitindo uma avaliação detalhada das potencialidades pedagógicas da atividade.

A partir das observações e análises qualitativas, emergiram contribuições que foram coletadas de forma oral e discursiva, oriundas dos visitantes, expressões de que gostariam de ser assim ou de seguir carreiras que envolvessem temáticas próximas e até mesmo frases que demonstram a relação de diferença do conhecimento científico real, quando comparado com o que se observa nos veículos de informação, que vendem uma visão distorcida de ciência de forma geral.

Notou-se também uma compreensão introdutória na prática das propriedades luminescentes dos materiais e da aplicabilidade dos conceitos científicos em situações reais, como a análise forense.

Além disso, a análise qualitativa possibilitou captar as diferenças na recepção e compreensão do conteúdo de química aplicada entre alunos e principalmente dos professores de diferentes disciplinas que assumiram os itinerários formativos de química, o que acabou por estimular uma procura por mais abordagens museais que envolvam mais os visitantes (Sotério; Queiroz, 2022).

Em relação a categoria de contribuição para os professores essas contribuições foram particularmente valiosas para os professores, que ganharam uma nova perspectiva sobre como temas complexos de química, como a fotônica e a luminescência, podem ser ensinados de forma mais acessível e atraente para os alunos do ensino médio.

A experiência prática com a EU-MOF inserida dentro do jogo desenvolvido permitiu aos professores verem como a ciência aplicada pode tornar o conteúdo teórico mais tangível e relevante.

Quando observados os efeitos de luminescência em uma simulação de uma cena de crime forense, professores de disciplinas variadas, como física, química e até biologia, puderam se inspirar para desenvolver novas abordagens interdisciplinares que conectem suas áreas ao cotidiano dos estudantes. Isso reforça o potencial do evento em não apenas informar, mas também em influenciar práticas pedagógicas e fortalecer o currículo científico nas escolas (Rocha; Marandino, 2020).

No currículo de Química Aplicada do Ensino Médio do estado de São Paulo, há uma forte presença de temas como química forense presente no itinerário formativo de química aplicada, ou seja, fotônica e luminescência, que são aplicados em situações práticas que incentivam o pensamento crítico e a interdisciplinaridade, podem ser inseridos como materiais auxiliares (Seduc, 2022).

Isso se relaciona diretamente com a proposta do Currículo Paulista, que busca oferecer itinerários formativos voltados à aplicação de conhecimentos científicos, como a química forense, para engajar os alunos com problemas do cotidiano.

os participantes comentaram terem aprendido ou não sobre tais conceitos na sala de aula, pois se trata de conceitos de nível superior, mas que podem ser ensinados juntos com os conteúdos químicos de ensino médio.

A luminescência e a fotônica, por exemplo, foram abordadas no contexto de química forense por meio dos experimentos que simulam a análise de cenas de crime. Esses temas permitiram que os alunos compreendam mesmo que de maneira introdutória fenômenos aplicados e desenvolvidos em investigações criminais, como a detecção de substâncias em materiais biológicos ou o uso de luzes ultravioleta para identificar rastros que não são visíveis a olho nu.

Para os professores, Bardin (2016) discute que essa experiência prática é valiosa, pois oferece novos caminhos para tornar conceitos complexos de química mais acessíveis, gerando interesse e compreensão dos alunos.

A interação entre as disciplinas, como física, química e biologia, e o uso de práticas forenses em aulas de química trazem oportunidades de conectar o conteúdo ao cotidiano, enfatizando o aprendizado significativo e a contextualização dos fenômenos científicos (Bardin, 2016).

Esses aspectos fortalecem o currículo científico nas escolas ao tornarem o ensino mais relevante e motivador, beneficiando tanto os alunos quanto os professores, que passam a enxergar a aplicabilidade das ciências alinhada as atividades educativas museais em diferentes áreas (Sotério; Queiroz, 2022).

Durante a Semana da Fotônica, também foram adotados diversos cuidados para evitar que os visitantes enfrentassem obstáculos epistemológicos ou desenvolvessem concepções alternativas em relação aos conceitos apresentados.

Esses obstáculos, definidos como barreiras cognitivas que dificultam a compreensão de um conhecimento científico, muitas vezes resultam de interpretações equivocadas ou simplificações excessivas (Bachelard, 1996). Para mitigar esse risco, as atividades foram planejadas com estratégias que garantissem a clareza conceitual e o alinhamento ao conhecimento científico (Rocha; Marandino, 2020).

Por fim se fez indispensável a presença dos monitores para conduzir foi fundamental para direcionar a atenção dos visitantes e esclarecer possíveis dúvidas em tempo real. Os mediadores conduziam, utilizando uma linguagem adaptada ao público, mas sem simplificar em excesso, garantindo que os visitantes compreendessem os fenômenos sem distorções (Rocha; Marandino, 2020).

As demonstrações práticas, como a utilização da EU-MOF na simulação de uma cena de crime forense, foram realizadas com explicações cuidadosas sobre o funcionamento e a aplicabilidade dos materiais.

Conforme as ideias de Bachelard (1996) o processo foi conduzido de forma a conectar as propriedades luminescentes dos materiais com conceitos de química e física, evitando interpretações errôneas sobre sua função ou mecanismos.

Os conceitos foram apresentados em situações práticas e cotidianas, como na análise forense, para que os visitantes relacionassem o conhecimento científico com problemas reais. Essa contextualização minimizou o risco de concepções alternativas ao destacar o uso real dos conceitos e a importância de sua aplicação em áreas como segurança pública e inovação tecnológica (Frohlich; Silva, 2008).

Os visitantes foram incentivados a fazer perguntas e compartilhar suas percepções, permitindo que os mediadores corrigissem possíveis equívocos imediatamente. Essa interação também ajudou a identificar obstáculos cognitivos que poderiam surgir durante as explicações e ajustar a abordagem pedagógica conforme necessário.

Esses cuidados asseguraram que os conceitos apresentados na I Semana da Fotônica fossem compreendidos de maneira precisa e alinhada ao conhecimento científico, contribuindo para a formação de um público mais informado e crítico, sem as barreiras típicas associadas aos obstáculos epistemológicos e às concepções alternativas que possam levar os visitantes ao erro.

Em conclusão, o evento de fotônica exemplificou como a divulgação científica pode ser uma ferramenta poderosa para o ensino e a popularização da ciência, proporcionando experiências interativas e acessíveis, com o CCA promovendo não só o aprendizado, mas também a oportunidades do acesso ao conhecimento científico. Iniciativas como essas fortalecem a ideia de que a ciência é uma construção coletiva e acessível a todos, com um papel central na transformação social e no desenvolvimento de uma sociedade justa e consciente.

4.4 Limitações das atividades

Entretanto também houve certas limitações observadas durante o evento de fotônica que foi a falta de engajamento de alguns alunos participantes. Embora o tema e as atividades propostas tenham sido planejados com o intuito de despertar curiosidade e promover uma compreensão prática da ciência, uma parcela dos alunos mostrou-se desinteressada ou dispersa durante a execução das atividades.

Alguns fatores como a dificuldade de relacionar conceitos mais avançados mesmo que adaptados ao cotidiano, ainda gera a falta de familiaridade com temas científicos, que por sua vez podem justificar essa falta de engajamento.

Em alguns casos, observou-se que a linguagem utilizada pelos mediadores, por mais adaptada que fosse, o tema ainda parecia distante da realidade e dos interesses dos alunos, o que reforça a importância de adaptar as abordagens para públicos de diferentes idades. Além de que a dispersão e a falta de atenção também foram pontos de dificuldade enfrentados durante a condução das atividades.

Em um ambiente de ciência prática, como a sala forense utilizando a *MOF* de európio, manter a atenção constante de todos os participantes pode ser um desafio, especialmente quando se trata de estudantes de ensino médio, cuja concentração tende a flutuar diante de exposições prolongadas.

Observou-se que alguns alunos se dispersavam durante a apresentação, movendo-se pelo espaço ou conversando entre si, o que pode ter prejudicado a absorção de conceitos e a experiência coletiva de aprendizado. Essa dispersão evidencia a necessidade de incorporar elementos interativos e dinâmicos continuamente para manter o foco dos participantes ao longo das atividades.

No que diz respeito aos desafios curriculares, não basta apenas implementar os conteúdos previstos no Currículo Paulista do ensino médio em química; é necessário torná-los mais atrativos, aplicáveis e conectados ao cotidiano dos estudantes. Embora os itinerários formativos contemplem temas relevantes, como química forense e fotônica, o desafio está em apresentar esses conteúdos de forma que despertem interesse e sejam percebidos como úteis e significativos pelos alunos. Essa barreira evidencia a importância de estratégias didáticas inovadoras, que consigam integrar teoria e prática de maneira dinâmica e contextualizada.

Além disso, a dificuldade de foco dos participantes foi um obstáculo recorrente. A presença constante de dispositivos tecnológicos, como smartphones, e a busca por

recompensas rápidas de dopamina representam uma competição direta pela atenção dos visitantes, especialmente os mais jovens.

Durante as atividades, foi perceptível que momentos mais interativos, como a observação prática da luminescência dos materiais, conseguiam captar o interesse de forma mais eficaz, enquanto explicações teóricas ou demonstrações menos dinâmicas enfrentaram maior dispersão. Esses fatores reforçam a necessidade de adaptar as práticas expositivas para oferecer experiências imersivas e cativantes, que mantenham os visitantes engajados e conectados ao conteúdo científico apresentado.

Outro ponto significativo foi o distanciamento da universidade em relação à comunidade externa. Embora o evento tenha sido uma iniciativa para aproximar a ciência do público escolar e proporcionar uma experiência educacional prática, a falta de envolvimento prévio com a comunidade local dificultou a criação de um vínculo mais confiante e duradouro.

Esse distanciamento reflete uma limitação estrutural: muitas vezes, as universidades não possuem programas contínuos que incentivem uma aproximação frequente com a comunidade, o que faz com que eventos pontuais, como o de fotônica, não atinjam todo o potencial de engajamento.

A falta de familiaridade da comunidade com o ambiente universitário e com as atividades científicas pode criar uma barreira que impede uma participação mais ativa e comprometida.

Portanto, para superar essas limitações, seria essencial promover uma comunicação mais próxima e contínua entre a universidade e a comunidade escolar, por meio de programas de extensão que envolvam escolas e professores ao longo do ano, e não apenas em eventos isolados.

Tais programas poderiam criar uma relação de familiaridade com a ciência e com o ambiente universitário, permitindo que alunos e professores se sintam mais conectados e engajados nas atividades oferecidas.

Adicionalmente, investir em atividades museais e pedagógicas que incentivem a interatividade e o dinamismo nas apresentações científicas, de modo que podem ajudar a mitigar problemas de dispersão e falta de atenção, criando um ambiente mais atrativo e acessível para os jovens estudantes.

5 CONCLUSÃO

A divulgação científica desempenha um papel crucial na construção do conhecimento e na popularização da ciência em espaços como museus e centros científicos. Pois esses espaços oferecem ao público não especializado, oportunidades para vivenciar conceitos científicos de forma prática.

A importância da divulgação científica nesse sentido reside na sua capacidade de transformar o conhecimento técnico e teórico em algo acessível, criando uma ponte entre o saber acadêmico e a realidade cotidiana das pessoas. Ao apresentar temas complexos, como na I Semana da Fotônica, de maneira dinâmica e interativa, o CCA conseguiu despertar a curiosidade natural dos visitantes e incentivar o aprendizado de maneira não-formal e, ao mesmo tempo, envolvente.

Essa amostra de experiência no CCA teve um impacto positivo e significativo, tanto no engajamento dos alunos quanto no desenvolvimento de uma compreensão mais profunda dos conceitos científicos apresentados.

A montagem de uma cena de crime forense com uma *Eu-MOF* demonstrando as propriedades luminescentes, trazendo elementos práticos e visuais para a compreensão dos fenômenos de luminescência e suas aplicações nas diversas áreas, atraindo dessa maneira mais visitantes e estabelecendo laços com eles.

Possibilidades como essa de ver esses fenômenos de perto e entender seu funcionamento proporcionou uma vivência que vai além da sala de aula, consolidando o aprendizado e criando memórias duradouras sobre o valor e a aplicação da ciência. Além de fortalecer o aprendizado dos participantes, eventos como o de fotônica promovem a democratização do acesso ao conhecimento científico.

Democratizar o acesso ao conhecimento científico é essencial para construir uma sociedade mais informada e crítica, onde mais pessoas compreendem a importância da ciência e suas aplicações em sua realidade cotidiana.

Eventos como esse não apenas tornam a ciência mais inclusiva e acessível, mas também evidenciam seu papel transformador no desenvolvimento de uma sociedade mais informada e crítica.

A experiência vivenciada no evento demonstra como práticas participativas, que vão além do simples "apertar de botões", podem enriquecer a interação entre o público e o conhecimento científico, promovendo um aprendizado ativo e reflexivo.

Não é apenas sobre apresentar conceitos complexos de química e fotônica de forma acessível, mas também engajaram os participantes em experiências significativas que conectaram a ciência ao cotidiano.

As iniciativas realizadas consolidaram o engajamento e a compreensão dos visitantes, fortalecendo o aprendizado e contribuindo para a democratização do acesso ao conhecimento científico.

Ao proporcionar atividades que envolvem os participantes em processos investigativos e experimentais, o evento apontou caminhos para repensar as exposições em museus de ciência, tornando-as mais dinâmicas e participativas.

Essas práticas reforçam a importância de iniciativas que valorizam o engajamento e a construção coletiva do conhecimento, contribuindo para a formação de cidadãos mais preparados para compreender e dialogar com os desafios e avanços científicos contemporâneos.

Em conclusão este trabalho destaca a importância da integração entre divulgação científica, ensino de química e práticas museológicas, evidenciando como iniciativas interativas e participativas podem transformar a maneira como o público se relaciona com o conhecimento científico.

Contribuindo assim para o desenvolvimento de estratégias e metodologias inovadoras e inclusivas, oferecendo subsídios para que museus e centros científicos ampliem sua relevância como ferramentas de educação e transformação social. Reforçando assim, a necessidade de repensar as práticas expositivas, alinhando-as a objetivos educacionais mais amplos e conectados ao cotidiano dos visitantes, fomentando uma ciência mais acessível e significativa.

REFERÊNCIAS

- ARROYOS, G. **Síntese, Caracterização E Aplicações Fotônicas De MOFs (Metal-Organic Frameworks) de Lantanídeos**. 2018. 100 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Departamento de química Inorgânica, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2018. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/153184>. Acesso em: 28 maio 2024.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro, RJ: Contraponto, 1996.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016. 280 p.
- BORGES, B. **A falta de conhecimento básico em ciências inibe a inovação no Brasil**. 2014. Disponível em: https://brasil.elpais.com/brasil/2014/07/02/sociedad/1404319085_084315.html. Acesso em: 20 abr. 2024.
- CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. 164 p.
- CAVALCANTI, C. C. B; PERSECHINI, P. M. Museus de Ciência e a Popularização do conhecimento no Brasil. **Field Actions Science Reports**, [S.l.], v. 3, n. 3, p. 1-11, nov. 2011. Disponível em: <https://journals.openedition.org/factsreports/1063?lang=en#quotation>. Acesso em: 15 out. 2024.
- CCA, Centro de Ciências de Araraquara (CCA). **Exposições do Centro de Ciências de Araraquara**: exposições. 2024. Disponível em: <https://www.iq.unesp.br/#!/cca/exposicoes/>. Acesso em: 10 maio 2024.
- CHAGAS, M. **Museus de ciência**: assim é se lhe parece. Caderno do Museu da Vida: o formal e o não formal na dimensão educativa do museu. Rio de Janeiro: Museu da Vida: MAST, 2001/2002. p. 46-59. Disponível em: http://www.museudavida.fiocruz.br/images/Publicacoes_Educacao/PDFs/CadernosdoMuseudaVida2002002.pdf. Acesso em: 16 mar. 2023.
- DOMENICI, V. The Role of Chemistry Museums in Chemical Education for Students and the General Public. A Case Study from Italy. **Journal Of Chemical Education**, [S.L.], v. 85, n. 10, p. 1365-1367, out. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/ed085p1365>. Acesso em: 06 dez. 2024.
- FELDHAUS, M.; RODRIGUES, A. D. Mediação cultural afetiva. **Revista da Fundarte**, Montenegro, v. 59, n. 59, p. 1-28, 19 jun. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.19179/rdf.v59i59.1296>. Acesso em: 13 jun. 2024.
- FERREIRA, A. S. et al. **Novas maneiras de resolver crimes**: o que são MOFs e como são usadas na química forense. Araraquara: Instituto de Química, 2021. 8 p.
- FERREIRA, L. N. A. **Textos De Divulgação Científica Para O Ensino De Química**: características e possibilidades. 2012. 304 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Ciências, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/6276?show=full>. Acesso em: 13 abr. 2024.

FERREIRA, L. N. A.; QUEIROZ, S. L. Textos de divulgação científica no ensino de Ciências: uma revisão. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Santa Catarina, v. 5, n. 1, p. 3-31, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37695>. Acesso em: 2 maio 2024.

FONSECA, D. L. S. Os saberes tradicionais na Ciência da Informação: um olhar para a inovação social. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIBLIOTECONOMIA E DOCUMENTAÇÃO, 29., 2022, Londrina. **Anais [...]**. Londrina: Febab, 2019. p. 1-8. Disponível em: <https://portal.febab.org.br/cbbd2022/article/view/2562>. Acesso em: 27 jun. 2024.

FREM, R. et al. MOFs (METAL-ORGANIC FRAMEWORKS): uma fascinante classe de materiais inorgânicos porosos. **Química Nova**, v. 14, n. 10, p. 1178-1191, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/khclBfnzhvVhh9NdkVJFby/?format=html#>. Acesso em: 28 maio 2024.

FROHLICH, F. C. C.; SILVA, C. S. A química em espaços de educação não formal: uma análise dos museus de ciências da região sul do Brasil. **Actio: Docência em Ciências**, Curitiba, v. 2, n. 2, p. 177-192, 2017.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 220 p.

HOUSECROFT, Catherine E.; SHARPE, Alan G. **Química Inorgânica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2013. 460 p. Tradução Edilson Clemente da Silva, Júlio Carlos Afonso e Oswaldo Esteves Barcia.

IBRAM. **Documento Final da PNEM**. Brasília: IBRAM, 2017. Disponível em: <https://pnem.museus.gov.br/wp-content/uploads/2012/08/Pol%C3%ADtica-Nacional-deEduca%C3%A7%C3%A3o-Museal.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2023.

INDIO, C. **Impactos da pandemia e falta de acesso à ciência são foco na G-Stic**. 2023. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2023-02/impactos-da-pandemia-e-falta-de-acesso-ciencia-sao-foco-na-g-stic>. Acesso em: 19 abr. 2024.

KARIAKA, N. S. et al. Eu³⁺ and Tb³⁺ coordination compounds with phenyl-containing carbacylamidophosphates: comparison with selected Ln³⁺ β-diketonates. **Frontiers In Chemistry**, v. 11, p. 1-21, 2023.

LEWENSTEIN, B. V. Models of public communication of science and technology. **Cornell University**, Nova Iorque, v. 1, n. 1, p. 1-11, 16 jun. 2003. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1813/58743>. Acesso em: 10 dez. 2024.

LIMA, P. P.; MALTA, O. L.; ALVES JÚNIOR, S. Estudo espectroscópico de complexos de Eu³⁺, Tb³⁺ e Gd³⁺ com ligantes derivados de ácidos dicarboxílicos. **Química Nova**, [S.L.], v. 28, n. 5, p. 805-808, out. 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000500014>. Acesso em: 20 maio 2024.

MARTINS, I. G. R. E quando a ciência divulgada é a Educação em Ciências? **Ciência & Educação**, Bauru, v. 30, p. 1-14, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-73132024000A>. Acesso em: 29 jun. 2024.

MARUYAMA, J. A. **O uso das tecnologias da informação e comunicação nas visitas escolares do Centro de Ciências de Araraquara**: análise sobre a Gincana Tecnológica e Investigativa de Química. 2013. 105 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Química) – Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, 2013.

MENEZES, D. T. S.; BEVILAQUA, D. V.; SILVA, D. F. O desafio da inclusão social nos museus de ciências. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 389, p. 46-52, 2022.

MOREIRA, M. A. **Metodologias de pesquisa em ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011. 242p.

PALMIERI, L. J. **Museus de ciência e o ensino de química**: análise praxeológica de uma atividade museal. 2018, 164 p. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e em Matemática) – Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

PALMIERI, L. J.; SILVA, C. S. Os aspectos pedagógicos de uma atividade museal envolvendo conhecimentos químicos. In: XII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 13., 2019, Natal. **Anais** [...] . Natal: Abrapec, 2019. p. 1-7. Disponível em <https://abrapec.com/enpec/xii-enpec/anais/resumos/1/R0451-1.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2024.

RAMOS, A. L. D.; TANASE, S.; ROTHENBERG, G. Redes metalorgânicas e suas aplicações em catálise. **Química Nova**, [S.L.], v. 37, n. 1, p. 123-133, ago. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422014000100021>. Acesso em: 31 maio 2024.

RANGEL, A. *et al.* **Educação Museal II: histórico e práticas**. [S.L.] ENAP, 2023. 134 p.

ROCHA, J. N.; MARANDINO, M. O papel e os desafios dos mediadores em quatro experiências de museus e centros de ciências itinerantes brasileiros. **Journal Of Science Communication América Latina**, [S.L.], v. 03, n. 02, p. 1-22, 6 nov. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.22323/3.03020208>. Acesso em: 2 dez. 2024.

SANTOS, K. K. P.; ROCHA, J. N. Territórios pouco explorados: o estudo dos registros de visitantes em livros de comentários de dois museus de ciências brasileiros. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 26, n. 3, p. 159–178, 2021.

Secretaria da Educação do Estado de São Paulo (SEDUC). **Currículo Paulista Etapa Ensino Médio**. São Paulo, 2020.

SEDUC, Governo do Estado de São Paulo. **Currículo Paulista: Ciências da Natureza e suas Tecnologias - Química Aplicada**. São Paulo: Secretaria da Educação, 2022.

SILVA, J. C.; FREITAS, G. V.; ROCHA, J. V. S. S. Dissolução do Poliestireno Expandido com o Solvente D-limoneno. **Revista Eletrônica Multidisciplinar Unifacear**, [S.L.], v. 1, n. 2, p. 1-15, jan. 2022. Disponível em: [https://revista.facear.edu.br/artigo/download/\\$/dissolucao-do-poliestireno-expandido-com-o-solvente-d-limoneno](https://revista.facear.edu.br/artigo/download/$/dissolucao-do-poliestireno-expandido-com-o-solvente-d-limoneno). Acesso em: 21 jun. 2024.

SILVEIRA, C.; MARUYAMA, J. A. Contexto histórico e ações educativas do Centro de Ciências de Araraquara: os 30 anos de um museu universitário do interior paulista. **Revista Cpc**, [S.L.], v. 17, n. 33, p. 317-340, 2 set. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.1980-4466.v17i33p317-340>. Acesso em: 25 jun. 2024.

SOTÉRIO, C.; QUEIROZ, S. Estratégias de escrita para abordagem da comunicação pública da ciência na educação em química. **Química Nova**, [S.L.], p. 1163-1171, jun. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170580>. Acesso em: 10 dez. 2024.

SOTÉRIO, C.; QUEIROZ, S. L. Chemistry Students as Science Journalists: creating a virtual magazine about covid-19. **Journal Of Chemical Education**, [S.L.], v. 100, n. 1, p. 380-388, 1 nov. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00277>. Acesso em: 06 dez. 2024.

SOTÉRIO, C.; QUEIROZ, S. L. Elaboration of Popular Science Texts on COVID-19 in Higher Education Chemistry: Content Analysis in Focus. *New Trends in Qualitative Research, Oliveira de Azeméis*, Portugal, v. 12, p. 596, 2022. Disponível em: <https://publi.ludomedia.org/index.php/ntqr/article/view/596>. Acesso em: 11 dec. 2024.

STEOLA, A. C. S.; KASSEBOEHMER, A. C. O espaço da química nos centros e museus de ciências brasileiros. *Química Nova*, v. 41, n. 9, p. 1072-1082, 2018.

SUNAGA, A. I.; CYPRIANO, E. F. As Características Dos Textos De Divulgação Científica Que Promovem O Interesse Pela Ciência Em Um Público Infantojuvenil. *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia*, n. 31, p. 21-35, 2021.

TERUYA, L. C. et al. Imagem pública e divulgação da química: desafios e oportunidades. *Química Nova*, [S.L.], v. 36, n. 10, p. 1561-1569, set. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422013001000013>. Acesso em: 06 dez. 2024.

VERRUMA, O. F. “**METAL-ORGANIC FRAMEWORKS CONTRA CRIMES: VAMOS COMBATER A FALSIFICAÇÃO?**”: proposta de um caso investigativo para ensino de redes metalorgânicas no ensino superior de química. 2022. 117 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2022. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/216450>. Acesso em: 22 jun. 2024.

ZAMBONI, L. M. S. **Cientistas, jornalistas e a divulgação científica**: subjetividade e heterogeneidade no discurso da divulgação científica. Campinas: Autores Associados, 2001. 167 p.