XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8559

Espectrometria na avaliação de sistemas de iluminação em Arquitetura e Urbanismo a partir de aparelhos de baixo custo.

Spectrometry in the evaluation of lighting systems in Architecture and Urbanism using alternative devices

Clarisse Liz Rosa Borges
Universidade Federal de Sergipe | Laranjeiras | Brasil | cllarisseb@academico.ufs.br
Talita Lorena Barros Silva
Universidade Federal de Sergipe | Laranjeiras | Brasil |talitabarros@academico.ufs.br
Milenna Valeska Silva de Almeida
Universidade Federal de Sergipe | Laranjeiras | Brasil | milenna.almeida@academico.ufs.br
Pedro Vitor Sousa Ribeiro
Universidade Federal de Sergipe | Aracaju | Brasil | pedrovsribeiro@academico.ufs.br

Resumo
O presente trabalho investiga a produção científica, não científica e patentária sobre dispositivos de baixo custo para análise espectrofotométrica, com foco na Arquitetura e Urbanismo. A metodologia incluiu revisão sistemática da literatura, análise de vídeos e blogs e levantamento de patentes brasileiras. Os resultados mostram diversas soluções acessíveis baseadas em smartphones, webcams e microcontroladores, mas evidenciam uma lacuna significativa na arquitetura, que representa apenas 3,6% dos estudos. Também foram identificadas limitações quanto à precisão dos modelos didáticos e escassez de patentes voltadas ao contexto educacional. Como contribuição, o estudo destaca o potencial de democratização da espectrometria e oferece subsídios para o desenvolvimento de dispositivos aplicáveis ao ensino e à pesquisa em conforto lumínico e eficiência energética no ambiente construído.

Palavras-chave: Espectrometria. Iluminação. Arquitetura. Luminotécnica.

Abstract
This study investigates the scientific, non-scientific, and patent literature on low-cost devices for spectrophotometric analysis, with a focus on Architecture and Urbanism. The methodology included a systematic literature review, analysis of videos and blogs, and a survey of Brazilian patents. The results show various accessible solutions based on smartphones, webcams, and microcontrollers, but reveal a significant gap in architecture, which represents only 3.6% of the studies. Limitations regarding the accuracy of didactic models and a scarcity of patents aimed at the educational context were also identified. As a contribution, the study highlights the potential for democratization of spectrometry and provides support for the development of devices applicable to teaching and research in lighting comfort and energy efficiency in the built environment.

Keywords: Spectrometry. Lighting. Architecture. Lighting engineering.

Como citar:
BORGES, C.L.R. et al. Espectrometria na avaliação de sistemas de iluminação em Arquitetura e Urbanismo a partir de aparelhos de baixo custo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8559

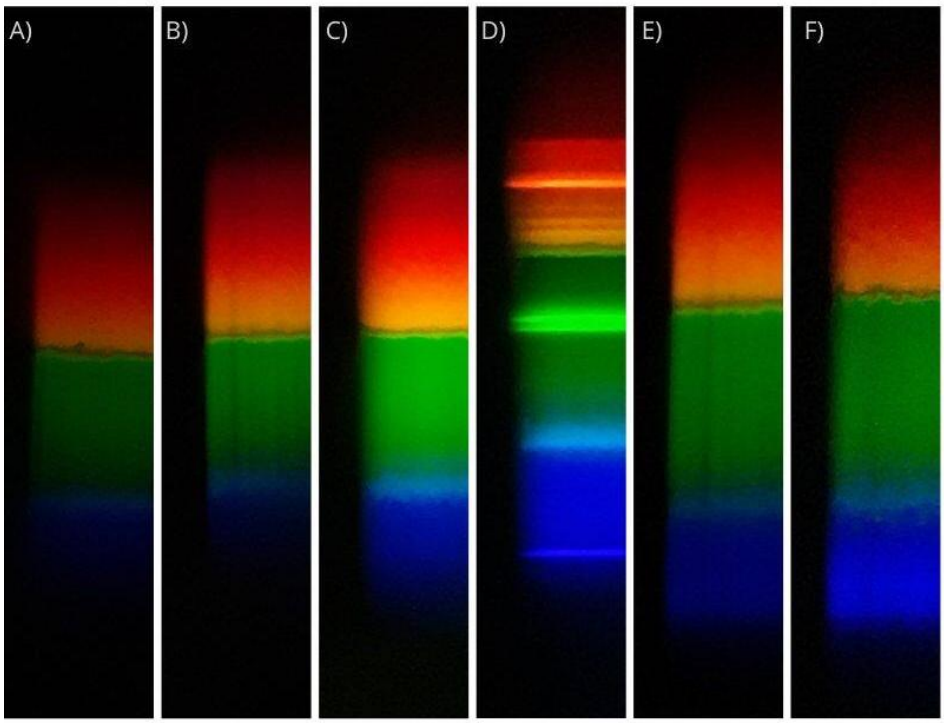
INTRODUÇÃO

A espectroscopia é o ramo da física que lida com o estudo da radiação absorvida, refletida, emitida ou espalhada por uma substância, sendo essas interações quantificadas através de um aparelho denominado espectrômetro [1]. Os estudos realizados com o uso de espectrômetro podem ser ainda associados a outros dispositivos, como o fotômetro. Essa experimentação permite quantificar as propriedades e qualificar o comportamento da luz em determinadas situações e sua interação com os materiais e os usuários. No entanto, tais aparelhos apresentam custos elevados, dificultando o acesso à espectrometria em laboratórios com baixo orçamento. Além disso, ainda há insuficiência de material sobre espectroscopia aplicada à arquitetura e ao conforto lumínico.

Pesquisas mostram que a distribuição espectral da luz afeta pupila, contraste, cores e o ritmo circadiano. Park *et al.* [2] identificaram preferência por tons quentes (3000 K) para descanso e frios (5000-6000 K) para atenção. A luz do dia influencia humor, cognição e aprendizagem [3]. A temperatura de cor afeta melatonina e cortisol; a exposição noturna à luz azul suprime a melatonina e desregula o sistema circadiano, ao contrário das luzes amarela e vermelha [4]. O fotorreceptor ipRGC é responsável por essa fototransdução [5].

Diferentes fontes de luz (solar, incandescente, fluorescente, LED) têm espectros distintos, impactando percepção de cor, conforto visual e efeitos biológicos (Figura 1). Por isso, utiliza-se métricas melanópicas (sensibilidade em 480 nm) para quantificar o impacto não visual da luz, diferente da sensibilidade fotópica (555 nm).

Figura 1: Distribuições de intensidade de radiação luminosa para diferentes fontes de luz obtidas a partir de espectrômetro de baixo custo desenvolvido no laboratório. Da direita para esquerda: A) Incandescente com filamento de tungstênio; B) Incandescente com filamento de carbono, C) halógena, D) fluorescente, E) LED 3500K e F) LED 6500K.



Fonte: Os autores.

No planejamento luminotécnico, a análise espectral da luz ocorre essencialmente no ambiente acadêmico, onde se aprofunda o estudo de aspectos não-visíveis da luz e seus impactos na saúde das pessoas, a fim de buscar soluções lumínicas mais saudáveis

possível, sendo imprescindível o acesso a ferramentas laboratoriais adequadas [6]. Para fins de ensino, não se necessita de alta precisão, apenas aparelhos adequados para a medição do comprimento de onda do espectro visível da luz - informações necessárias para o estudo óptico de adequação visual comumente aplicado à arquitetura - o que viabiliza soluções alternativas de baixo custo. Além da arquitetura, a espectrometria é usada na conservação de acervos (museus, bibliotecas, galerias) para identificar comprimentos de onda nocivos e selecionar fontes e filtros adequados à preservação.

Diante disso, recorre-se à espectrofotografia de baixo custo, que utiliza grades de dispersão (CDs ou DVDs) para fracionar a luz, permitindo construir espectrômetros com materiais acessíveis, impressão 3D e smartphones. Trabalhos como o de [7] mostram que esses dispositivos eletrônicos são eficientes no ensino de física óptica, ajudando os alunos a compreender a composição física da luz de forma satisfatória, sem necessidade de equipamentos caros.

Este trabalho investiga a produção sobre dispositivos de baixo custo para análise espectrofotométrica, mapeando o estado da arte, lacunas e potencialidades, visando democratizar o conhecimento em espectrometria aplicada à Arquitetura e Urbanismo, especialmente no ensino de iluminação, conforto ambiental e eficiência energética.

METODOLOGIA

Foram adotadas três fontes de pesquisa: científicas, não científicas e bases patentárias. Todas elas tiveram como foco a pesquisa sobre espectrometria de baixo custo.

A revisão de literatura das fontes científicas utilizou como metodologia a revisão sistemática de literatura, baseada no protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). Foram realizadas as etapas de: (1) Pesquisa preliminar sobre os estudos na literatura científica; (2) Definição do protocolo de busca; (3) Seleção dos trabalhos; (4) Coleta de dados relevantes; (5) Síntese dos resultados (artigo) e (6) Conclusões (artigo). O protocolo de busca foi elaborado baseando-se nos critérios descritos no Quadro 1.

Quadro 1: Protocolo de buscas da RSL

Objetivo	Identificar quais dispositivos da espectroscopia de baixo custo estão sendo elaborados na literatura científica e analisar em qual área estão sendo aplicados.
Questões-guia	Quais dispositivos de baixo custo estão sendo elaborados na literatura científica?
Palavras-chave	Espectroscopia; (Espectrofotômetro OR Espectrômetro OR Fotômetro) AND (Construção OR Montagem OR Desenvolvimento); Spectroscopy; (Spectrophotometer OR Spectrometer OR Photometer) AND (Build* OR Development)
Idiomas	Inglês, português
Bases de dados	Scielo, Google Acadêmico, Periódicos CAPES, Web of Science, Scopus

Fonte: o autor.

A busca foi realizada nas bases Scielo, Google Acadêmico, Capes, Scopus e Web of Science, com os critérios de inclusão: artigos publicados entre 2006-2026, em português ou inglês, que incluíssem a construção de dispositivos de baixo custo

(espectrômetros, fotômetros e espectrofotômetros) e com área de estudo próxima à arquitetura. Os dados coletados (título, resumo, autores, ano, área, materiais, sensor, difrator, software, aplicação e localização) foram organizados em planilha Excel® para posterior leitura e análise dos artigos.

A pesquisa em fontes não científicas teve sua coleta de dados obtidos de conteúdos como tutoriais, projetos de "faça você mesmo" (DIY), vídeos e blogs, em plataformas como: YouTube® e Google®, além da ferramenta de Inteligência Artificial Perplexity®, que facilitou a identificação de fontes complementares. Foram empregados como descritores de busca, em português e inglês, termos como: “espectrômetro de baixo custo”, “*DIY spectrometer*”, “espectrofotômetro faça você mesmo”, “como construir um espectrômetro simples” e “*low-cost spectrometer*”.

Os dados coletados foram organizados em uma planilha no software Excel®, sendo sistematizados para análise posterior.

A pesquisa foi realizada ainda em registros e patentes brasileiras. Dessa forma, as buscas de anterioridade de patentes e registros foram realizadas apenas na base de dados do INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial) aplicando os termos ‘espectrofotômetro de baixo custo’ e ‘material didático’.

Devido às dificuldades de aplicação da espectrometria em sala de aula relacionadas com os custos elevados dos aparelhos encontrados no mercado e a falta de preparação dos profissionais, foi priorizada a busca por patentes que apresentassem aparelhos produzidos com baixo custo, portáteis, dinâmicos, intuitivos e seguros para a utilização em sala de aula e que fossem específicos para a captação do espectro na faixa visível da luz.

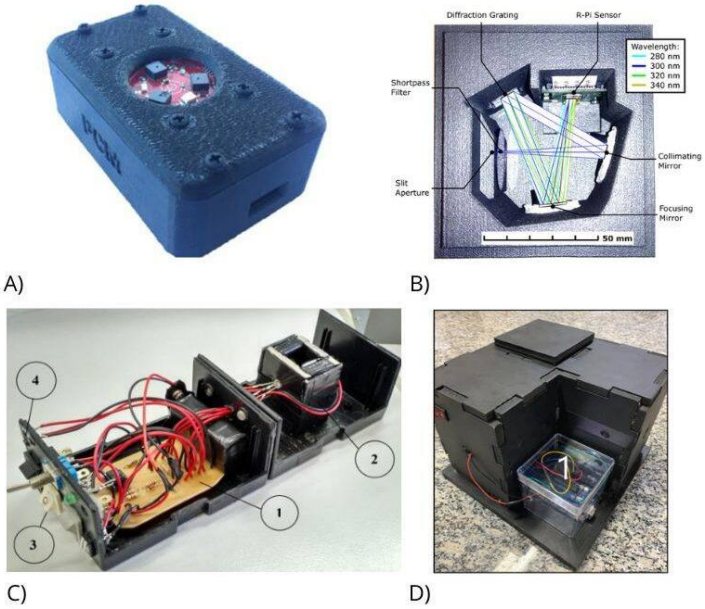
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados serão apresentados conforme a divisão explicitada nos procedimentos metodológicos.

FONTES CIENTÍFICAS

Da busca inicial (44 produções), restaram 23 artigos, 4 dissertações e 1 tese. Foram identificados 13 espectrômetros, 5 fotômetros e 10 espectrofotômetros, construídos com materiais como papelão, PVC e impressão 3D, usando CD/DVD ou grades de difração como difratores. A maioria visava à análise química ou espectral da luz. (Figura 2)

Figura 2: (A) Espectrômetro portátil [8]; (B) Espectrômetro baseado em sensor de smartphone [9]; (C) Fotômetro utilizado em aulas de química [10] e (D) Espectrofotômetro de baixo custo [11].

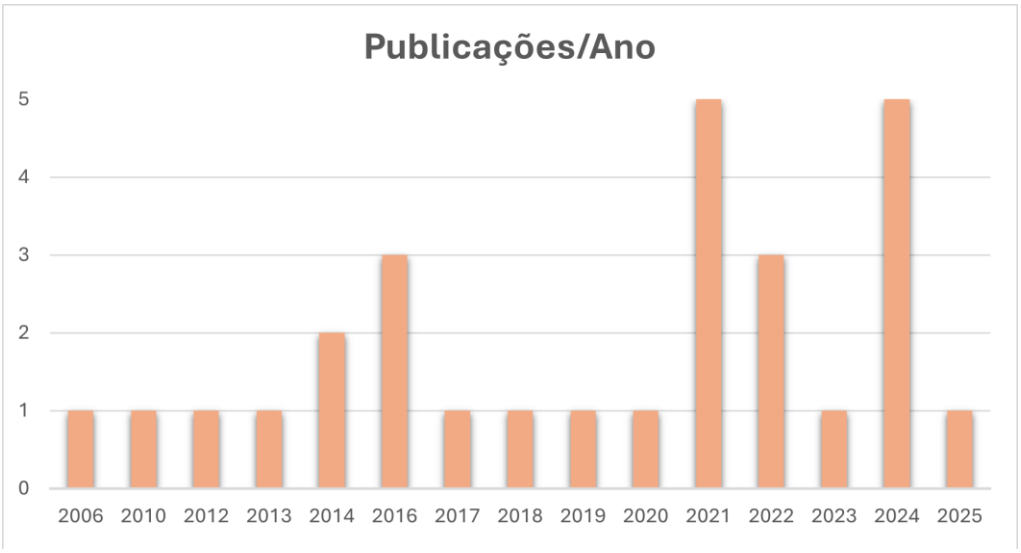


Fonte: [8]; [9]; [10]; [11].

Em relação às áreas de estudo das publicações levantadas, observou-se uma maior concentração nas áreas de física (36%), química (25%) e engenharias (21%). Apenas um estudo (3,6%) foi identificado na área de arquitetura, o que evidencia uma lacuna relevante e reforça a pertinência do presente artigo de investigar o potencial de aplicação desses instrumentos para a análise de fontes de luz no âmbito arquitetônico. As aplicações variaram de análises qualitativas de cor a medições quantitativas ambientais, com destaque para tutoriais detalhados, modelagem 3D, códigos para programação e procedimentos de calibração.

Acerca dos anos das publicações [Figura 3], foi possível perceber uma produção maior de material nos anos de 2021 e 2024, os dois com 5 publicações cada, representando 35% do total de artigos selecionados. Este aumento pode representar o crescimento da disponibilidade de tecnologias de baixo custo, como microcontroladores Arduíno e impressoras 3D, assim como a divulgação de metodologias para a construção de dispositivos experimentais.

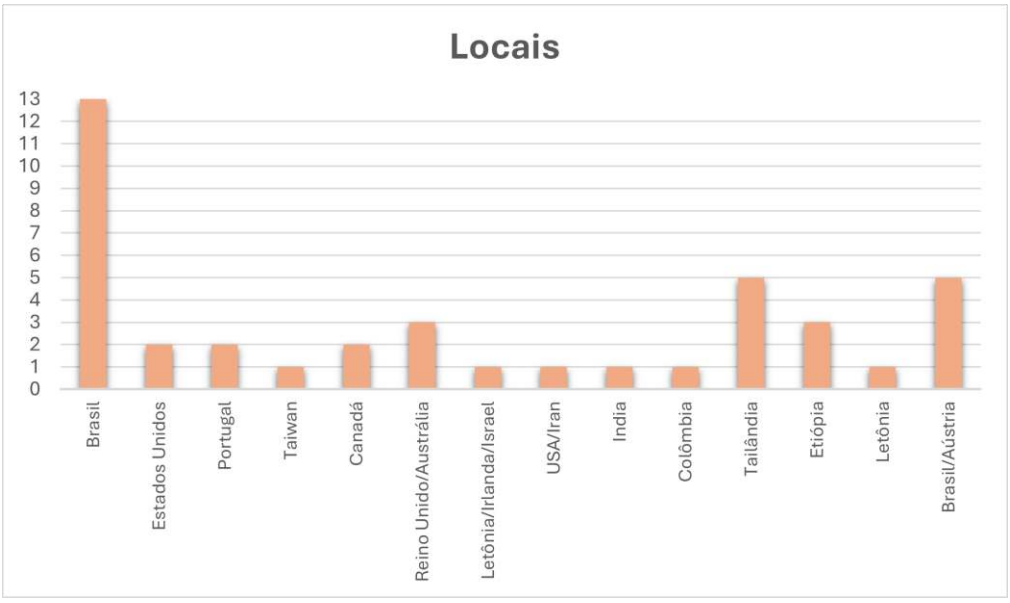
Figura 3: Quantidade de publicações por ano, em valores absolutos.



Fonte: Stephen Wright, 2023

Em relação aos locais das publicações [Figura 4], é perceptível uma produção distribuída em diversos países, com uma maior concentração em países do Oriente, como Tailândia e Austrália. Essa concentração pode ser explicada pelo investimento maior nesses países em pesquisa e desenvolvimento na área de tecnologia acessível. No Brasil, embora apareça uma maior quantidade, isso se justifica pela busca em fontes nacionais, e no escopo internacional representa uma produção menor, porém, observa-se um crescimento de interesse no tema. Isso demonstra que a demanda por espectrofotômetros de baixo custo é um interesse global, visando à democratização do acesso científico em contextos com orçamento limitado.

Figura 4: Quantidade de publicações por país.



Fonte: Stephen Wright, 2023

FONTES NÃO-CIENTÍFICAS

Foram identificados 16 trabalhos, sendo nove vídeos e sete blogs. Em relação à nacionalidade das produções, sete são provenientes dos Estados Unidos, cinco do Brasil, um do Canadá e um da República Tcheca. Apenas três trabalhos possuem caráter acadêmico, por serem desenvolvidos por educadores.

Quanto ao tipo de equipamento apresentado, oito correspondem a espectrômetros e oito a espectroscópios, construídos com materiais acessíveis como papelão, PVC e peças impressas em 3D, utilizando elementos difratores como CD, DVD e grades de difração. Dez projetos empregam sensores, como webcams e Arduino, mas apenas seis apresentam formas de análise dos dados por meio de softwares ou códigos.

No grupo dos conteúdos em formato de vídeo, o material “Como Construir um Espectroscópio Caseiro”[12] apresenta a construção de um modelo utilizando papelão como estrutura, CD como elemento difrator e o celular como sensor de captação. O foco está na observação direta do espectro, sem o uso de softwares de análise. De forma semelhante, o vídeo “Espectroscópio Caseiro – Experimento”[13] também utiliza papelão, CD e celular, com ênfase na demonstração prática do fenômeno, mantendo uma proposta simples e voltada à visualização.

O vídeo “How to Make DIY Spectrometer”[16] apresenta uma proposta com uso de madeira na estrutura, webcam como sensor e DVD como difrator. Diferente dos anteriores, esse modelo permite a análise da imagem do espectro com auxílio de software Theremino Spectrometer®. Já o conteúdo “Build a DIY Spectrometer Using Diffraction Grating”[17] propõe um modelo construído com cano de PVC e uso de grade de difração, porém sem utilização de sensor digital, sendo mais voltado à demonstração didática do funcionamento do equipamento.

No vídeo “Building a DIY spectrometer”[18], observa-se uma construção utilizando impressão 3D, webcam e CD/DVD como difrator, com uso do Theremino Spectrometer® para análise do espectro. Em contrapartida, os vídeos “CataventoEmCasa – EP29 – Espectroscópio Caseiro”[20], “Física Experimental IV – Espectroscópio Caseiro”[21], “Build your own spectroscope (kids crafting activity)”[22] e “Science at Home | Build your own CD Spectrometer – Grade 9”[23], apresentam propostas semelhantes entre si. Todos utilizam papelão como estrutura principal e CD ou DVD como elemento difrator, sem o uso de sensores digitais ou softwares de análise. Esses modelos têm como foco a demonstração e a observação direta do espectro, priorizando a facilidade de construção e a acessibilidade, voltados principalmente para atividades educativas.

No grupo dos conteúdos em formato de blog, observa-se maior detalhamento nos projetos. O “DIY Low Cost Spectrometer – Instructables”[14] apresenta um modelo construído em papelão, com uso de webcam e DVD como difrator, integrando o uso de Python para análise da imagem do espectro, o que permite uma abordagem mais técnica. Já o “Homemade Optical Spectrometer – Steve the Engineer”[15] propõe um modelo mais completo, utilizando estrutura em impressão 3D, webcam, grade de difração e o software Theremino Spectrometer, destacando-se pela montagem simples, utilizando materiais de fácil acesso e utilização de software.

Figura 5: Espectrômetro Óptico Caseiro (Homemade Optical Spectrometer) – Steve the Engineer.



Fonte: Stephen Wright, 2023

O conteúdo “Espectroscópio – Brasil Escola”[19], assim como “Make a DIY Spectroscope”[24] e “Conhecimento: construa um espectroscópio caseiro”[26], apresentam propostas semelhantes, baseadas em construções simples com papelão e CD ou DVD como elemento difrator. O projeto “Spectrometer”[25] apresenta um modelo mais avançado, utilizando estrutura em impressão 3D, webcam, grade de difração e integração com Arduino, além de display para visualização, o que possibilita uma análise mais completa do espectro. De forma semelhante, o “Espectrofotômetro na Web”[27] também incorpora recursos digitais, porém com uma proposta construtiva distinta, utilizando madeira, Arduino e CD como difrator. Ambos se destacam pela maior complexidade em relação aos modelos mais simples, especialmente pela integração com sistemas eletrônicos.

FONTES PATENTÁRIAS/REGISTROS

As buscas nas bases patentárias resultaram em três aparelhos: “Espectrofotômetro portátil de emissão óptica na região do visível, utilizando maçarico, nebulizador ultrassônico de rede ativa e dispositivo móvel” (BR102019015811-5), “Espectrofotômetro portátil de absorção/emissão na região do visível, utilizando lâmpada incandescente e dispositivo móvel” (BR102016019036-3) e o “Sistema, aparelho e método de determinação não destrutiva de valores de nutrientes de pecíolo quase em tempo real usando um espectrofotômetro portátil” (BR102023010296-4).

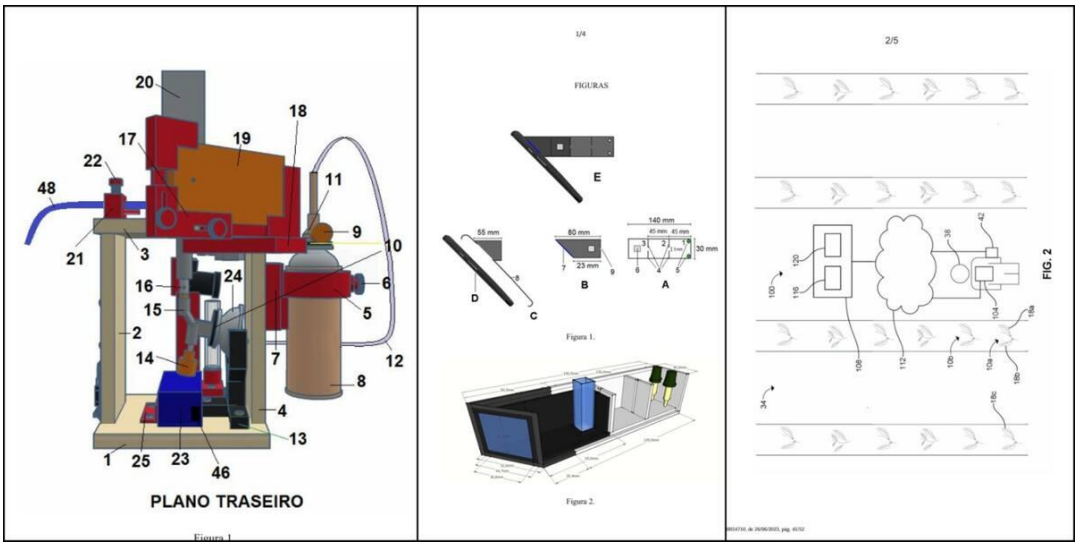
O primeiro registro trata-se de um espectrofotômetro portátil de emissão na região do visível, utilizando maçarico portátil, fonte de combustível tipo gás GLP usados em isqueiros e maçaricos, grade de difração de transmissão, cristal piezoelétrico, Arduino, câmara de nebulização, espectrômetro comercial e dispositivo móvel, permite obter linhas de emissão óptica na região espectral compreendida entre 100 e 1500 nm. Sua construção permite a operação nos modos de detecção com espectrômetro comercial (COM) e dispositivo móvel (SMART), de acordo com a disponibilidade de ambos. As

medidas de emissão são feitas totalmente no espectrofotômetro de emissão em chama, desde a nebulização da amostra, passando pela câmara de nebulização e atingindo o queimador, gerando o sinal analítico.

A patente BR102016019036-3 corresponde a um equipamento portátil de absorção/emissão na região do visível, utilizando lâmpada incandescente, fragmento de mídia de DVD e dispositivo móvel, que permite obter espectros de absorção molecular e linhas de emissão óptica na região espectral compreendida entre 100 e 1500 nm. Sua construção modular permite a operação nos modos de emissão e de absorção por meio do encaixe adequado dos módulos.

Por fim, a patente BR102023010296-4 descreve um sistema, aparelho e método para determinar, de forma não destrutiva e quase em tempo real, os valores de nutrientes do pecíolo a partir de folhas em campo, utilizando um espectrofotômetro portátil. O método envolve medir espectralmente a folha, armazenar os dados, processá-los para calcular os nutrientes do pecíolo e fornecer o resultado em tempo quase real.

Figura 6: Aparelhos registrados: "Espectrofotômetro portátil de emissão óptica na região do visível, utilizando maçarico, nebulizador ultrassônico de rede ativa e dispositivo móvel" à esquerda; "Espectrofotômetro portátil de absorção/emissão na região do visível, utilizando lâmpada incandescente e dispositivo móvel" no meio; "Sistema, aparelho e método de determinação não destrutiva de valores de nutrientes de pecíolo quase em tempo real usando um espectrofotômetro portátil" à direita



Fonte: [28]; [29];[30]

De modo geral, quando procura-se espectrofotômetro de baixo custo registrados encontra-se uma variedade de aparelhos com materiais impróprios para utilização em sala de aula, limitados na medição de diferentes tipos de fontes luminosas ou que não se aplicam ao estudo lumínico.

CONCLUSÕES

Os principais resultados obtidos nas pesquisas sobre a produção acadêmico-científica voltada ao desenvolvimento e uso de dispositivos alternativos para análise

espectrofotométrica demonstram que, embora a literatura apresente uma variedade de soluções baseadas em microcontroladores, webcams e smartphones, há uma lacuna significativa de aplicações na área de arquitetura, com apenas 3,6% dos estudos identificados voltados a esse campo. Esta constatação reforça a pertinência da pesquisa.

Quanto aos resultados das fontes não-científicas, a análise evidencia uma variação significativa entre os modelos, desde construções extremamente simples, voltadas apenas à observação do espectro, até propostas mais elaboradas, que incorporam sensores digitais, softwares de análise e estruturas mais duráveis. Contudo, a maioria dos modelos mostraram ser acessíveis a aplicação em laboratórios de pesquisa em iluminação e luminotécnica

Tais conclusões evidenciam que a falta de aplicação da espectrometria nos estudos acerca da iluminação na Arquitetura e Urbanismo estão mais relacionados com a insuficiência de material de estudo da espectroscopia no escopo da arquitetura como condicionante de conforto lumínico nos espaços construídos do que por falta de acessibilidade aos materiais e soluções didáticas para o ensino.

Ademais, apesar da variedade de protótipos “caseiros” existentes nas fontes não-científicas, há estudos que requerem uma precisão que eles não oferecem. Contudo, buscando modelos especializados, registrados através de patente, nota-se uma escassez desses modelos apropriados para aplicação em sala de aula. Sendo assim, a fim de suprir esta demanda e ampliar o setor de produtos educacionais voltados à espectrometria, a atual pesquisa serviu como subsídio para elaboração de espectrofotômetros acessíveis ao ensino de arquitetura e urbanismo, que, atualmente, estão em fase de teste e registro. Espera-se que o aparelho a ser desenvolvido a partir desses estudos seja capaz de captar e analisar o espectro visível de luz de uma fonte luminosa, para obter informações acerca da temperatura de cor de tal fonte, podendo assim avaliar o seu impacto não-visual, ou seja, como os comprimentos de onda da luz emitida pode influenciar no ciclo circadiano de determinado indivíduo.

AGRADECIMENTOS

À FAPITEC-SE pelo apoio financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa e ao Grilu-EE pelo espaço para seu desenvolvimento.

DECLARAÇÃO

Os autores declaram que não fizeram uso de IA generativa e tecnologias assistidas por IA no processo de preparação do manuscrito.

REFERÊNCIAS

[1] BARBOSA, A. C.. Desenvolvimento de um espectrofotômetro de luz visível. 2023. 43 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2023.

[2] PARK, N. K.; PAE, J. B.; MENEELY, J. Cultural Preferences in Hotel Guestroom Lighting Design. Journal of Interior Design, v. 36, n. 1, p. 21-34, set. 2010.

[3] WIRZ-JUSTICE, A. SKENE, D. J.; MÜNCH, M. The relevance of daylight for humans. Biochemical Pharmacology, v. 191, p. 114304, 2021.

[4] CHAVES, N. P. Novos processos de projeto: explorando a iluminação integrativa. 2020. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

[5] BERSON, D. M.; DUNN, F. A.; TAKAO, M. Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. Science, Washington, D. C., v. 295, n. 5557, p. 1070-1073, 2002.

[6] FRESTEIRO, R. H *et al*. A Luminotécnica como um recurso condicionante da forma e do espaço nos cursos de Arquitetura e Engenharia. In: COBENGE 2003, 2003, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: ABENGE, 2003.

[7] ANJOS, J. R.; ANDRADE NETO, A. S. Espectrômetro de baixo custo: uma proposta para o ensino de ciências. Revista Valore, [S.L.], v. 6, p. 1042-1056, 14 jul. 2021. Instituto de Cultura Técnica Sociedade Civil Ltda.

[8] AMIRAZAR, A. *et al*. A low-cost and portable device for measuring spectrum of light source as a stimulus for the human's circadian system. Energy and Buildings, v. 252, p. 111386, dez. 2021.

[9] WILKES, T. C. *et al*. Low-cost 3D printed 1 nm resolution smartphone sensor-based spectrometer: instrument design and application in ultraviolet spectroscopy. Optics Letters, v. 42, n. 21, p. 4323, 19 out. 2017.

[10] MOREIRA, A. F.; SANTOS, S. D.; JUNIOR, A. C. Construção e caracterização de um fotômetro destinado ao uso de aulas experimentais de química sobre a lei de Beer-Lambert. Holos, 2, 142-151. 2016.

[11] CEZAR, M. H. O. et al. Construção de um espectrofotômetro de baixo custo. 2022.

[12] PEREIRA, J. S. Como construir um espectroscópio caseiro. YouTube, 2021. Disponível em: https://youtu.be/4kpCP7dQmPw.

[13] PEREIRA, R. F. Espectroscópio caseiro - experimento. YouTube, 2016. Disponível em: https://youtu.be/Iey6vG27Yqo.

[14] CHAKRABORTY, K.; SCHIAVINA, S. DIY low cost spectrometer. Instructables, 2021. Disponível em: https://www.instructables.com/DIY-Low-Cost-Spectrometer/.

[15] WRIGHT, S. Homemade optical spectrometer. Steve the Engineer. Disponível em: https://stevetheengineer.com/homemade-optical-spectrometer/.

[16] ELECTRICAL PROJECTS (CREATIVELAB). How to make DIY spectrometer: optical spectrum analyzer | light analysis. YouTube, 2018. Disponível em: https://youtu.be/MgogwcXUIoc.

[17] 99CHEMICALS. Build a DIY spectrometer using diffraction grating. YouTube, 2016. Disponível em: https://youtu.be/aTAFBd1EQcE.

[18] DANYK, D. Building a DIY spectrometer. YouTube, 2022. Disponível em: https://youtu.be/p3MzQ1OF3lk.

[19] MARQUES, D. Espectroscópio. Brasil Escola. Disponível em: https://educador.brasilescola.uol.com.br/estrategias-ensino/espectrometro.htm.

[20] RIBEIRO, R. Catavento em casa - EP29 - espectroscópio caseiro. YouTube, 2020. Disponível em: https://youtu.be/mEe8z_CU3NI.

[21] CAMILETTI, G. Física experimental IV - espectroscópio caseiro. YouTube, 2016. Disponível em: https://youtu.be/QNJxLRrH18A.

[22] PIOTROWSKA, J. Build your own spectroscope (kids crafting activity). YouTube, 2021. Disponível em: https://youtu.be/fW4aMOSVv_8.

[23] ONTARIO SCIENCE CENTRE. Science at home | build your own CD spectrometer - grade 9. YouTube, 2020. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=gMNCoJbq1cI.

[24] MCCLELLAND, S.Make a DIY spectroscope. Little Bins for Little Hands. Disponível em: https://littlebinsforlittlehands.com/diy-spectroscope/.

[25] ELECTRONOOBS. Spectrometer. Disponível em: https://electronoobs.com/eng_arduino_tut179.php.

[26] APOLO 11. Conhecimento: construa um espectroscópio caseiro. Disponível em: https://www.apolo11.com/espectro.php.

[27] NERES, J. Espectrofotômetro na web, 2012. Disponível em: https://era-weblab.blogspot.com.

[28] ALMEIDA, Luciano Farias de; FERNANDES, Julys Pablo Atayde; LIMA, Rosinaldo Telis de. ESPECTROFOTÔMETRO PORTÁTIL DE EMISSÃO ÓPTICA NA REGIÃO DO VISÍVEL, UTILIZANDO MAÇARICO, NEBULIZADOR ULTRASSÔNICO DE REDE ATIVA E DISPOSITIVO MÓVEL. Titular: Universidade Federal da Paraiba. BR n. 102019015811-5. Depósito: 31 jul. 2019. Concessão: 24 jun. 2025. n. 2885, p. 01-14, 2021.

[29] ALMEIDA, Luciano Farias de et al. SPECTROFOTÔMETRO PORTÁTIL DE ABSORÇÃO/EMISSÃO NA REGIÃO DO VISÍVEL, UTILIZANDO LÂMPADA INCANDESCENTE E DISPOSITIVO MÓVEL. Depositante: Universidade Federal da Paraíba (Br/Pb). BR n. 10 2016 019036 3. Depósito: 04 ago. 2016. Concessão: 06 mar. 2018. INPI, p. 01-07, 2018.

[30] AL-MALLAHI, Ahmad; ABUKMEIL, Reem. SISTEMA, APARELHO E MÉTODO DE DETERMINAÇÃO NÃO DESTRUTIVA DE VALORES DE NUTRIENTES DE PECÍOLO QUASE EM TEMPO REAL USANDO UM ESPECTROFOTÔMETRO PORTÁTIL. Titular: Dalhousie University. Procurador: DANNEMANN, SIEMSEN, BIGLER & IPANEMA MOREIRA. BR n. 10 2023 010296 4. Depósito: 26 maio 2023. Concessão: 03 dez. 2024.