


WEBCIÊNCIA IQ-UFG: A SETA DO TEMPO E O ENGAJAMENTO PÚBLICO NO CONTEXTO DA TRANSPANDEMIA

 <https://doi.org/10.56238/arev7n4-205>

Data de submissão: 18/03/2025

Data de publicação: 18/04/2025

Leonildo Alves Ferreira

Doutor em Química, Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás, Brasil

E-mail: leonildoferreira@ufg.br

<https://orcid.org/0000-0003-3078-2288>

Livia Flório Sgobbi

Doutora em Química, Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás, Brasil

E-mail: livia_sgobbi@ufg.br

<https://orcid.org/0000-0002-0372-9396>

Martin Schwellberger Barbosa

Doutor em Química, Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás, Brasil

E-mail: martin_barbosa@ufg.br

<https://orcid.org/0000-0003-1255-357X>

Juliete Carine Ribeiro Andrade

Mestranda em Química, Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás, Brasil

E-mail: julieteandrade@discente.ufg.br

<https://orcid.org/0009-0004-5010-2352>

Pedro Henrique Ferri

Doutor em Química, Instituto de Química, Universidade Federal de Goiás, Brasil

E-mail: pedro_ferri@ufg.br

<https://orcid.org/0000-0002-8744-3829>

RESUMO

O significado do tempo tem sido um tema recorrente em artigos de divulgação científica em diferentes mídias, muito embora não considerem a progressividade temporal, representada pela “seta do tempo”, nem a influência de múltiplas escalas temporais no poder e nos mecanismos de engajamento do público. Neste artigo, os indicadores de desempenho dos webinários do canal WebCiência IQ-UFG no YouTube® foram analisados ao longo de múltiplas escalas temporais, por meio de mapas de autovetores assimétricos (AEM). Os resultados permitiram incorporar a unidirecionalidade do vetor do tempo entre os webinários, preservando a estrutura temporal da causalidade. A tendência temporal (escala grande) representou a transição dos ensinos remoto e presencial na transpandemia, enquanto a estratégia e os recursos disponibilizados pela equipe de gestão foram importantes no engajamento do público, com destaque para os temas selecionados (escala intermediária). Os AEM modelaram tanto a influência temporal multiescala quanto a variância crescente, no tempo, de visualizações, *likes* e comentários dos webinários, contribuindo com a avaliação dos efeitos temporais associados ao engajamento a mídias sociais.

Palavras-chave: Divulgação científica. Mídia social. YouTube®. Química. Tendência temporal.

1 INTRODUÇÃO

A noção de tempo é central para os estudos em que as variáveis temporais influenciam comportamentos e padrões (Hammond, 2013). A forma como as pessoas percebem e vivenciam o tempo fluindo em uma direção, ou seja, a percepção da progressividade do tempo, é representada por uma flecha, linear e unidirecional (Kasmire; Zhao, 2021). A “seta do tempo” é, pois, um conceito básico em processos físicos, como na descrição de movimentos e na transferência e transformação de energia e aumento de entropia em processos espontâneos (Leite; Andrade-Neto, 2013), bem como em processos bioquímicos, como na regulação de diferentes processos biológicos e na evolução por meio da seleção natural (Verniest; Greulich, 2019). Já nas ciências sociais, não se pode prescindir do tempo nas análises de mudanças históricas (Moura Filho, 2008), tendências econômicas e evoluções culturais (Whitrow, 2005), como a linguagem, que “[...] exige uma temporalidade sequencial para o ordenamento da conversação. Sem o tempo, há apenas miragens fragmentadas de relações comunicativas [...]” (Marzochi, 2017, p. 13). A influência do tempo e de sua direcionalidade permeia todos os níveis de organização do conhecimento, o que reforça a necessidade de um entendimento rigoroso sobre suas propriedades e impactos (Lana *et al.*, 2018).

Nesse contexto, as análises direcionadas para a captura da variabilidade temporal são essenciais para identificar padrões e comportamentos em diversos fenômenos naturais (Legendre; Gauthier, 2014). O estudo da variabilidade temporal, por meio de técnicas estatísticas, possibilita a modelagem de incertezas e a quantificação de flutuações que ocorrem ao longo do tempo (Souza; Carmo; Welch, 2023). Essas análises não apenas ajudam a descrever o comportamento de fenômenos dependentes do tempo, mas também permitem previsões e inferências sobre tendências futuras. O entendimento da variabilidade temporal e sua adequada modelagem têm implicações práticas significativas, permitindo a tomada de decisões que variam desde políticas públicas até à otimização de processos industriais e tecnológicos (Pietrobon-Costa; Fornari Junior; Santos, 2012; Souza; Carmo; Welch, 2023).

A estatística aplicada à análise de séries temporais e de dados espacotemporais tem evoluído de modo substancial, permitindo a investigação da influência do tempo sobre variáveis de interesse (Legendre; Gauthier, 2014). Entre as técnicas de análise, destacam-se os mapas de autovetores de Moran (MEM, do inglês *Moran's Eigenvector Maps*) e os mapas de autovetores assimétricos (AEM, do inglês *Asymmetric Eigenvector Maps*), utilizados para modelar a variabilidade e dependência espacial e temporal (Blanchet; Legendre; Borcard, 2008; Sharma *et al.*, 2011). Essas técnicas oferecem uma abordagem eficiente para capturar padrões de correlação espacial e temporal ou mesmo de causalidade (Baho *et al.*, 2015), que não são detectados por métodos tradicionais.

Os MEM têm sido empregados com sucesso para extrair dependências simétricas, em que os estados anteriores e posteriores têm influência igual no estado atual, e são amplamente aplicados na modelagem de processos ecológicos (Brind'amour *et al.*, 2018) e biológicos (Benito *et al.*, 2019) e nas geociências (Vandam; Kaptijn; Vanschoenwinkel, 2013). Os AEM, por sua vez, são particularmente úteis em estudos em que há fluxos direcionais de informação, energia ou matéria, como em rios (Parreira; Tessarolo; Nabout, 2023; Tripodi *et al.*, 2023), ventos (Horváth; Vad; Ptacnik, 2016), correntes oceânicas (Svensson; Norberg; Snoeijis, 2014), estrutura genética em decorrência de isolamento geográfico (Dalongeville *et al.*, 2018) ou dispersão biológica (Castillo-Escrivà *et al.*, 2016), além da tendência direcional do tempo (Angeler *et al.*, 2015; Baho *et al.*, 2015; Blanchet; Legendre; Borcard, 2008; Goyer *et al.*, 2014; Lévesque *et al.*, 2017), em que a dependência assimétrica deve ser retida, modelada, interpretada e prevista.

A aplicação dessas técnicas nas análises de variabilidade temporal permite uma melhor compreensão dos processos subjacentes e auxilia na identificação de padrões ocultos de dependência temporal, em especial se as amostras ocorrerem sem replicação no nível das unidades de amostragem no tempo (Behpour *et al.*, 2021). Tal condição impede a formulação de hipóteses nos métodos clássicos, por falta de observações replicadas (Legendre; Gauthier, 2014).

A transpandemia¹ de Covid-19, declarada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em março de 2020, trouxe impactos significativos para diversos setores, incluindo a educação (Sá *et al.*, 2020). Em razão da necessidade de medidas de distanciamento social e da disseminação rápida do vírus, as instituições de ensino foram forçadas a interromper suas atividades presenciais. Como alternativa às restrições impostas, o Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás (IQ-UFG) transpôs o programa de seminários presenciais “Química às 13” para a forma de webinários no âmbito da ação de extensão WebCiência IQ-UFG na plataforma YouTube®, durante o período de ensino remoto emergencial (ERE). O programa preservou esse formato mesmo após a retomada das atividades letivas, promovendo a troca de ideias e a colaboração entre diversas disciplinas. Além disso, possibilitou a participação e disseminação do conhecimento em atividades de pesquisa, tanto no IQ-UFG quanto em outras instituições de ensino e pesquisa, bem como em órgãos e entidades da administração pública e iniciativas vinculadas ao setor industrial.

¹ O termo transpandemia, proposto no Centro Brasileiro de Estudos de Saúde (CEBES DEBATE, 2021), refere-se ao período além do pico da pandemia de Covid-19, que teve início em 11 de março de 2020, e abrange o tempo posterior a 5 de maio de 2023, considerado o término da Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional relacionada à Covid-19 pela Organização Mundial da Saúde. Sua concepção incorpora uma dinâmica cujos efeitos ainda são sentidos atualmente e reflete os desequilíbrios que contribuem para diversas formas de adoecimento e que provocam repercussões ainda não dimensionadas totalmente em todos os âmbitos da sociedade.

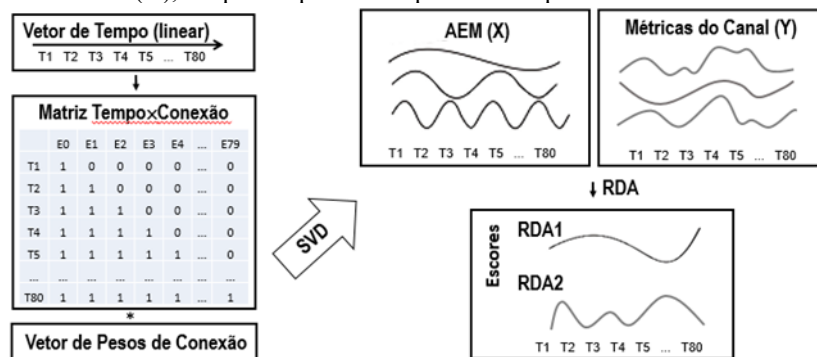
A migração para a plataforma social e a manutenção da virtualização contribuíram para análises de indicadores de desempenho do canal, resultando em informações sobre a dinâmica da ação de extensão (Sgobbi *et al.*, 2023) que incluíram o engajamento dos participantes ao longo da escala temporal de postagem dos vídeos durante a transpandemia, extraídos e modelados por meio de MEM (Barbosa *et al.*, 2025). Para complementar essas informações, torna-se importante avaliar a situação em que um processo direcional e assimétrico, representado pela “seta do tempo”, influencia as variáveis de desempenho do canal, o que pode ser obtido por meio de autofunções AEM em múltiplas escalas temporais.

2 METODOLOGIA

Esta pesquisa é de natureza aplicada e utiliza indicadores qualiquantitativos de oitenta webinários do canal WebCiência IQ-UFG, coletados no período de 3 de agosto de 2020 a 21 de agosto de 2023. A influência temporal simétrica (MEM) desses webinários foram descritos em um estudo anterior dos autores (Barbosa *et al.*, 2025). Resumidamente, as métricas de desempenho do canal (visualizações, *likes* e comentários) foram dispostas nas colunas de uma matriz resposta (80×3), cujas linhas representaram a ordem cronológica dos webinários, enquanto uma matriz explicativa (80×10) conteve variáveis quantitativas (visualizações pós-live e público total, interno e externo à UFG) e qualitativas representando o tipo de ensino (remoto ou presencial), equipe de gestão (dois níveis), ano (quatro níveis), ciclo ou semestre letivo (dois níveis), tema (dez níveis) e classe de similaridade (três níveis) dos webinários.

As variáveis temporais (AEM) foram derivadas de uma matriz de tempo (nós) e conexões direcionais (arestas), de mesmo peso, representando os intervalos entre os dias de postagem dos webinários em relação à data de criação do canal (15 de julho de 2020). A fatoração da matriz de tempo×conexão, pela decomposição de valores singulares (SVD, do inglês, *Singular Value Decomposition*), conduziu aos autovetores ortogonais AEM (Figura 1).

Figura 1 – Representação esquemática do processo de vetorização dos dados nas análises descritas neste estudo. O vetor de tempo é convertido em variáveis explicativas AEM (X) pelo método de decomposição de valores singulares (SVD) da matriz de tempo×conexões. A análise de redundância (RDA) identifica webinários com tendências similares, a partir das métricas de desempenho do canal (Y), os quais representam padrões temporais em diferentes escalas.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Após a obtenção dos AEM, efetuou-se a seleção do subconjunto significativo por meio da análise de redundância (RDA, do inglês *Redundancy Analysis*) com duplo critério, que envolveu a maximização do quadrado do coeficiente de determinação, ajustado pelos graus de liberdade (R^2_{aj}), e o controle do erro tipo I pela correção de Sidák (Bauman *et al.*, 2018). Os seis AEM significativos foram incorporados à matriz explicativa (80×16), a qual foi submetida à seleção de variáveis preditoras por meio de RDA consecutivas. O melhor modelo baseou-se no fator de inflação da variância (VIF), assumindo-se a ausência de multicolinearidade para $VIF < 5$, e nos valores de R^2_{aj} e de probabilidade (p), utilizando-se permutações de Monte Carlo (999 permutações). As variáveis selecionadas foram agrupadas em subconjuntos explicativos e as frações puras e sobrepostas de variância explicada foram quantificadas pelo particionamento da variação total explicada (Peres-Neto *et al.*, 2006) com RDA parciais (pRDA).

Na pRDA, quatro subconjuntos preditores foram considerados: (1) indicadores do canal, com as contagens das visualizações pós-live e do total de participantes, além das classes 2 e 3 de similaridade entre webinários (Barbosa *et al.*, 2025); (2) a escala temporal grande, representada pelo AEM1, AEM3 e AEM5; (3) a escala intermediária, constituída pelo AEM6, AEM7, AEM17 e (4) a escala temporal fina, formada pelo AEM21, AEM40 e AEM42. Nesta técnica, as frações de variação explicada foram representadas por meio de diagramas de Venn dos valores de R^2_{aj} . Para a interpretação da estrutura temporal utilizou-se de regressões lineares dos escores ajustados dos eixos canônicos significativos das RDA sobre a matriz explicativa. Os coeficientes de regressão foram previamente validados pela normalidade dos resíduos das regressões com o teste de Shapiro-Wilk.

Adicionalmente a essas técnicas, as comparações múltiplas de variância temporal multiescalares foram ajustadas pela correção de Holm, e os envelopes descrevendo os intervalos de confiança (95%) nos variogramas multivariados foram utilizados para avaliar a independência das

escalas temporais em torno da variância média, $\gamma(h)$ (Wagner, 2004), permitindo estimar a magnitude da dependência espacial entre os webinários (Barbosa *et al.*, 2025). O número de lags ($h = 14$) foi determinado pela regra de Sturges (Scott, 2009), evitando-se a inflação arbitrária da variação temporal em função das distâncias (dias) entre postagens.

Antes das análises, a matriz resposta foi transformada pelo $\ln(y+1)$. Para a detecção de tendências monotônicas, nas matrizes, foi aplicado o teste não paramétrico de Mann-Kendall (Moreira; Naghettini, 2016). Valores de $p < 0,05$ foram considerados significativos e as análises foram efetuadas no programa R (R Core Team, 2022).

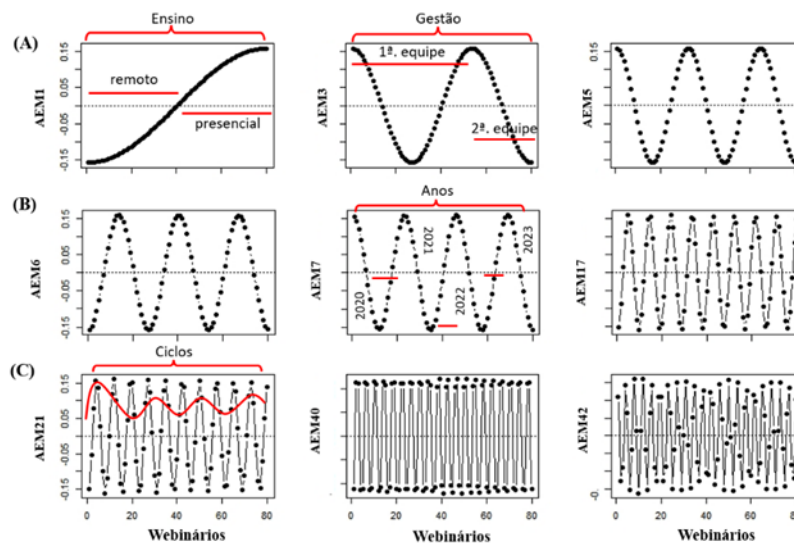
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A compreensão do tempo e de sua influência nos processos naturais e sociais constitui um dos eixos básicos do conhecimento científico. A noção de tempo permeia diversas áreas da ciência, desde a física até as ciências sociais, no estudo de transformações históricas e dinâmicas populacionais. O tempo tem sido tratado não apenas como uma dimensão contínua e homogênea, mas como um fator que pode variar em diferentes escalas, influenciando a dinâmica e variabilidade dos fenômenos observados, mesmo que a representação temporal seja sutil ou implícita nos dados.

A maioria dos dados é (implicitamente) ordenada ou dependente do tempo, potencialmente permitindo que uma “seta do tempo” oculta afete o desempenho e os resultados dos métodos de análise estatística (Kasmire; Zhao, 2021). Diante disso, a modelagem e análise da variabilidade temporal tornaram-se essenciais para uma compreensão mais precisa de processos complexos e o desafio reside, em especial, quando a unidirecionalidade (irreversibilidade) do tempo precisa ser preservada, ou seja, quando os estados anteriores podem influenciar os posteriores, mas não vice-versa, pois, assim, preserva-se explicitamente a estrutura temporal da causalidade (Baho *et al.*, 2015; Blanchet; Legendre; Borcard, 2008).

Neste estudo, avaliou-se a influência unidirecional do tempo nos indicadores de desempenho de oitenta webinários do canal WebCiência IQ-UFG e na identificação de fatores em sua trajetória ao longo da transpandemia de Covid-19. Para preservar a estrutura linear e direcional do tempo, foram utilizadas autofunções assimétricas por meio de AEM (Sharma *et al.*, 2011). Dos 79 AEM gerados pelo vetor linear do tempo, seis (Figura 2) foram selecionados pela RDA (dados não mostrados).

Figura 2 – Mapas de autovetores assimétricos (AEM) descrevendo as multiescalas temporais: (A) grande; (B) intermediária; (C) fina.



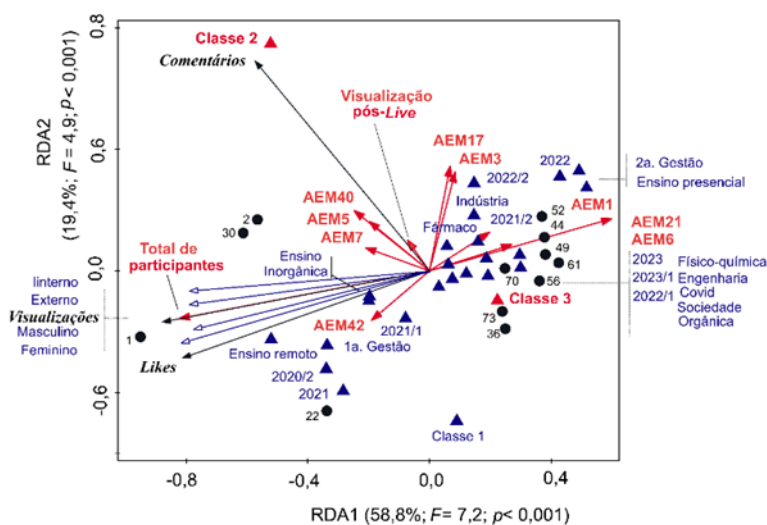
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Os AEM significativos foram reorganizados ao longo das escalas temporais grande (AEM1, AEM3, AEM5), intermediária (AEM6, AEM7, AEM17) e fina (AEM21, AEM40, AEM42). O primeiro autovetor (AEM1) contabilizou tendências monotônicas significativas nas variáveis de resposta, representadas pelas métricas de desempenho dos webinários, por meio do teste de Mann-Kendall ($-4,930 > z > -2,317$; $p < 0,021$). Os valores negativos indicam que as métricas de desempenho diminuíram com o avanço do tempo de postagem, com um ponto de inflexão no 38º webinar, coincidente com a retomada (parcial) das atividades presenciais na UFG em janeiro de 2022 (ciclo de 2021/2). Esse resultado reforça o quanto a transpandemia perturbou os sistemas educacionais, demandando um ensino remoto de emergência que coincidiu com o aumento da utilização das redes sociais (Greenhow; Lewin; Willet, 2023).

Os autovetores subsequentes têm propriedades de onda senoidal e são adequados para modelar mudanças temporais de frequências de flutuação lentas a progressivamente mais curtas (Blanchet; Legendre; Borcard, 2008; Legendre; Gauthier, 2014; Sharma *et al.*, 2011), até aquelas associadas à dinâmica da ação de extensão local e *on-line*, representadas pela escala temporal fina (Borcard *et al.*, 2004). O AEM3 parece relacionar-se às equipes de gestão da ação de extensão, enquanto AEM7 e AEM21 podem estar associados aos anos e ciclos letivos na instituição. Todos os autovetores da Figura 2 representaram o conjunto de preditores usado para explicar os padrões de distribuição temporal das métricas do canal WebCiência IQ-UFG.

Sucessivas RDA levaram à seleção de variáveis explicativas representadas pelo número de visualizações pós-live, do total de participantes e das classes de similaridade 2 (métricas de desempenho elevadas) e 3 (métricas de desempenho baixas) entre os webinários, utilizando como

Figura 3 – *Triplot* da RDA contendo as métricas de desempenho dos webinários (setas pretas), preditores (setas vermelhas) e variáveis suplementares (setas e triângulos em azul). Webinários com desempenho ajustados > 95% estão representados por círculos pretos.

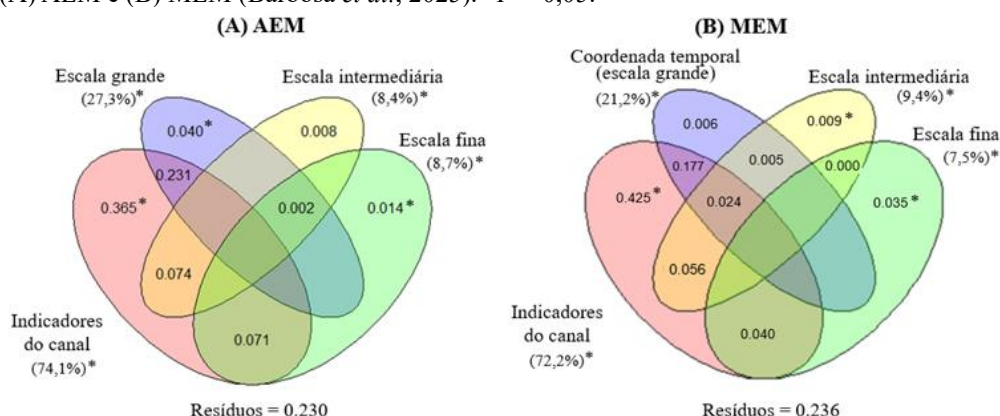


De acordo com o *tripplot* da Figura 3, a RDA1 ($R^2 = 58,8\%$; F -Fisher = 7,2; $p = 0,001$) representou fortes correlações, negativas e positivas, com os períodos de ERE (Sá *et al.*, 2020) e de retorno às atividades letivas presenciais na instituição, respectivamente. Na RDA1, o desempenho do canal em torno de visualizações e *likes* relacionou-se ao total de participantes (internos e externos à UFG, independentemente do sexo), aos webinários dos três primeiros ciclos do ERE (ano de 2020 e ciclo 2021/1), associados aos temas *inorgânica* e *ensino*, além da primeira equipe de gestores, em uma escala temporal majoritariamente fina (AEM40 e AEM42), enquanto o retorno às atividades presenciais coincidiu com a segunda equipe de gestores e com uma multiplicidade de temas, como *físico-química*, *Covid-19*, *engenharia*, *orgânica* e *sociedade*, majoritariamente em uma escala temporal grande (AEM1). A RDA2 ($R^2 = 19,4\%$; $F = 4,9$; $p = 0,001$) descreveu principalmente as classes de similaridade entre os webinários, com aqueles da classe 2 caracterizados pelo maior número de comentários entre as métricas de desempenho, sobretudo no ciclo 2022/2, associados principalmente a escalas temporais intermediária (AEM17) e grande (MEM3).

Dessa forma, ao passo que a RDA1 expressou a transição do ERE para o retorno ao ensino presencial, com uma concomitante diversificação de temas selecionados pela segunda equipe de gestores e retratados pela escala temporal grande, a RDA2 descreveu majoritariamente as métricas de desempenho dos webinários entre as classes de similaridade, refletidas na passagem dos webinários da classe 1 para a classe 2, sobretudo pela contagem elevada de comentários em escalas temporais intermediária e fina. Alguns dos aspectos apresentados pela RDA estão entre as boas práticas sugeridas para o bom desempenho de webinários realizados regularmente a fim de fortalecer as atividades de pesquisa e extensão que visem fomentar colaborações entre diferentes parceiros. Esses atributos seguem regras fundamentais, dentre as quais se destacam a importância da composição da equipe de coordenação, o mapeamento das necessidades e a seleção de temas para o público-alvo, além do planejamento, da organização e escolha da plataforma digital, entre outras recomendações (Fadlelmola *et al.*, 2019; Ismail; Abdelkarim; Al-Hashel, 2021).

Para quantificar a influência de subconjuntos preditores, a matriz resposta foi submetida ao particionamento da variação explicada por meio de RDA parciais (Peres-Neto *et al.*, 2006), reorganizadas em quatro subconjuntos preditores: (1) os indicadores do canal, previamente selecionados, contendo o número de visualizações pós-live, o total de participantes e as classes 2 e 3 de similaridade entre webinários, além dos autovetores das escalas temporais (2) grande, (3) intermediária e (4) fina (Figura 4A).

Figura 4 – Diagramas de Venn com os valores de R^2_{aj} para as frações puras e sobrepostas da variância explicada de acordo com os subconjuntos de variáveis preditoras: indicadores do canal e escalas temporais grande, intermediária e fina das análises com (A) AEM e (B) MEM (Barbosa *et al.*, 2025). * $P < 0,05$.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Os resultados indicam que o subconjunto de indicadores do canal contribuiu para a maior parte da variação total explicada ($R^2_{aj} = 74,1\%$; $F = 50,0$; $p < 0,001$), seguida pela contribuição temporal atribuída à escala grande ($R^2_{aj} = 27,3\%$; $F = 9,5$; $p < 0,001$). Os subconjuntos das escalas temporais

intermediária e fina contribuíram de forma similar ($R^2_{aj} = 8,4\%$ e $R^2_{aj} = 8,7\%$, respectivamente) e foram significativas ($F > 2,8$; $p < 0,03$). Quando restritos às frações de variação pura de cada subconjunto preditor, os indicadores do canal ($R^2_{aj} = 36,5\%$; $F = 28,7$; $p < 0,001$) e as escalas temporais grande ($R^2_{aj} = 4,0\%$; $F = 5,0$; $p < 0,001$) e fina ($R^2_{aj} = 1,4\%$; $F = 2,4$; $p < 0,018$) resultaram em contribuições significativas, ao passo que a fração pura da escala temporal intermediária, não sobreposta a outros subconjuntos, não foi significativa ($R^2_{aj} = 0,8\%$; $F = 1,8$; $p = 0,064$).

Em um estudo anterior, Barbosa *et al.* (2025) aplicaram as autofunções simétricas MEM, consideradas medidas de correlação temporal (Baho *et al.*, 2015; Blanchet *et al.*, 2011), para esse mesmo conjunto de dados (Figura 4B). A tendência do vetor temporal (escala grande), representada por um subconjunto similar ao de outros subconjuntos preditores, resultou em uma fração de variação pura não significativa ($R^2_{aj} = 0,6\%$; $F = 2,9$; $p = 0,092$), embora a variação total explicada pelo subconjunto temporal tenha sido significativa ($R^2_{aj} = 21,2\%$; $F = 21,0$; $p < 0,001$), sugerindo que a influência da coordenada linear do tempo decorria principalmente das sobreposições com outros subconjuntos preditores, modelados pelos MEM. De fato, a natureza simétrica dos MEM requer que a tendência direcional do tempo seja fraca ou ausente, ou quando se visa a uma avaliação da correlação, não da causalidade, esta última relacionada à direcionalidade (irreversibilidade) do vetor temporal (Baho *et al.*, 2015; Sharma *et al.*, 2011), melhor captada e descrita pelos AEM.

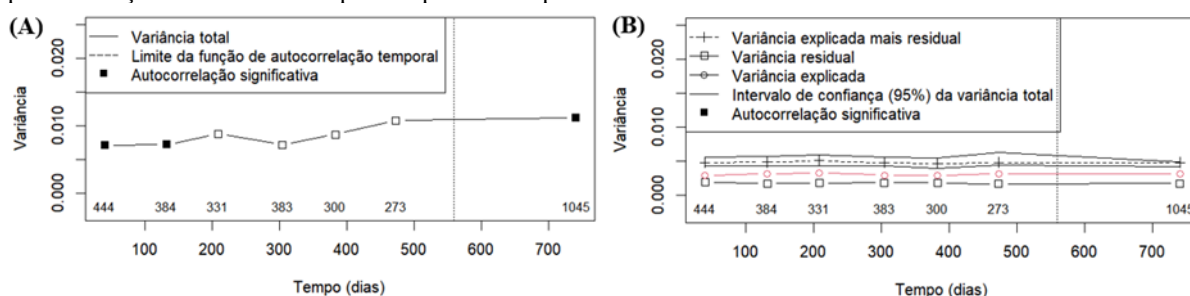
A interpretação estatística das escalas temporais, representadas pelos AEM, foi conduzida por meio de regressões lineares dos coeficientes canônicos significativos das RDA, previamente validados pela normalidade dos resíduos das regressões multivariadas com o teste de Shapiro-Wilk. A escala temporal grande ($r^2 = 0,979$; graus de liberdade (gl) = 25 e 54; $F = 98,7$; $p < 0,001$) correlacionou-se negativamente ao ERE ($p < 0,001$) na UFG, ao ciclo de 2022/2 ($p = 0,014$) e ao tema *indústria* ($p = 0,030$) e positivamente aos anos de 2022 e 2023 ($p < 0,001$) e ao tema *ensino* ($p = 0,054$). Ou seja, a escala temporal grande refletiu a transição do tipo de ensino na UFG (ERE para o ensino presencial durante a transpandemia de Covid-19) e a troca da equipe de gestão da ação de extensão. A escala intermediária ($r^2 = 0,679$; gl = 25 e 54; $F = 4,6$; $p < 0,001$) correlacionou-se negativamente aos anos de 2021 a 2023 ($p < 0,025$) e às visualizações *on-line* e *pós-live* ($p < 0,096$). Dito de outra forma, a escala intermediária capturou uma diminuição nas métricas de desempenho do canal como consequência do retorno às atividades presenciais na UFG, coincidente com a troca na equipe de gestão do canal no YouTube®. Por sua vez, as contagens das visualizações *pós-live* e o ciclo de webinários de 2022/1 correlacionaram-se de forma negativa e positiva, respectivamente, à escala temporal fina ($p < 0,042$). Essa escala de tempo parece estar associada ao curto período de retorno parcial pelo qual

passou a UFG (ciclo 2021/2; dezembro/2021 a abril/2022) e que antecedeu o retorno normal das atividades letivas na instituição (UFG, 2022).

Neste artigo, a influência direcional do tempo foi adequadamente extraída e descrita por meio de autovetores assimétricos, sobretudo pelo primeiro autovetor (AEM1), representando a tendência linear monotônica e significativa ($p < 0,001$), com parcela substancial da variação explicada ($R^2_{aj} = 21,9\%$; $F = 21,8$) nas métricas de desempenho do canal. Dessa forma, a eliminação da tendência direcional nas variáveis de resposta, recomendada com a abordagem MEM, uma vez que elas poderiam forçar a seleção de autofunções alternativas (Bertolo *et al.*, 2012; Blanchet; Legendre; Borcard, 2008; Legendre; Gauthier, 2014; Sharma *et al.*, 2011), não é aplicável com o uso de AEM, pois a direção do fluxo, muitas vezes correlacionada à tendência, não apenas é conhecida *a priori* como é considerada na construção das variáveis temporais direcionais (Tripodi *et al.*, 2023).

Apesar das particularidades das técnicas simétrica, representadas pelos MEM, e assimétrica, expressas pelos AEM, na captura e explicação da tendência direcional do tempo, a análise utilizando variogramas multivariados por meio da ordenação em multiescala (Wagner, 2004) resultou no controle da variância média crescente pelos AEM (Figura 5A), de forma similar àquela obtida previamente pelos MEM ao longo do tempo (Barbosa *et al.*, 2025).

Figura 5 – Variogramas multivariados (A) das métricas de desempenho dos webinários do canal WebCiência IQ-UFG e (B) após a remoção da estrutura temporal representada pelos AEM.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

No variograma multivariado (Figura 5B), não se observou autocorrelação temporal nos resíduos das regressões multivariadas (RDA) e a soma das variâncias explicada e residual permaneceu dentro do intervalo de confiança de 95% ao longo de toda a escala temporal. Em adição, os AEM removeram a tendência do gradiente crescente da variância total (Figura 5A), resultando em um variograma multivariado empírico globalmente oscilante ao longo do tempo, como esperado do ponto de vista teórico. Assim, além dos AEM controlarem a variância temporal crescente nas métricas de desempenho dos webinários vizinhos, postados no canal, eles forneceram informações adicionais sobre a força direcional do tempo (“seta do tempo”) ao capturarem de forma significativa a tendência linear

(pura) do vetor temporal, previamente não explicitada com o uso dos MEM (Barbosa *et al.*, 2025). Esse detalhamento permite a análise de efeitos na métricas de desempenho em longos períodos, que não eram possíveis na abordagem MEM proposta no estudo anterior, apresentando-se como uma ferramenta para o planejamento da ação de extensão e sua continuidade e aprimoramento a longo prazo.

A partir dessas interações, torna-se possível otimizar a estratégia de produção de conteúdo para maximizar o engajamento. Os desafios envolvem tanto a composição da equipe, que requer um grupo dedicado de pessoas, quanto da escolha e o alinhamento de temas que vão ao encontro das expectativas do público-alvo, além do planejamento de atividades regulares, participação de palestrantes especializados, estratégias de divulgação e acompanhamento das métricas de desempenho para avaliação e análise regulares. Com esses fatores, a influência do tempo, em diferentes escalas, permite tanto explicar (e prever) picos de participação quanto avaliar o impacto imediato e os efeitos (a médio e longo prazos) do engajamento do público nos webinários do canal, a fim de sustentar uma audiência, fundamental para o sucesso de um canal de divulgação científica.

4 CONCLUSÃO

Neste estudo, foram adotadas autofunções assimétricas para detectar, extrair, modelar e explicar tendências temporais em múltiplas escalas ao longo dos webinários postados no canal WebCiência IQ-UFG da plataforma YouTube®. A influência temporal em diferentes escalas, representada pelos AEM, incorporou a unidirecionalidade (irreversibilidade) do vetor temporal e foi representada por eixos canônicos significativos em RDA, os quais foram particionados em escalas temporais grande, intermediária e fina. A estrutura temporal na escala grande relacionou-se principalmente à direcionalidade (linear) do vetor temporal e representou o período de transição do ERE para o ensino presencial durante a transpandemia de Covid-19, ressaltando o impacto no sistema de ensino da instituição. A estratégia e os recursos disponibilizados ao longo da gestão da ação de extensão também se mostraram importantes no engajamento do público, em especial quanto aos temas previamente selecionados.

Os AEM modelaram tanto a influência temporal em diferentes escalas quanto a variância crescente, no tempo, de visualizações, *likes* e comentários dos webinários, e permitiram um avanço no entendimento sobre como testar hipóteses temporais empiricamente por meio de variáveis e técnicas estatísticas que otimizem os resultados dos efeitos temporais associados ao engajamento a mídias sociais. Sobretudo, os AEM apresentaram-se como uma ferramenta mais apropriada para modelagem

em períodos temporais de larga escala, com potenciais aplicações para planejamento estratégico da ação de extensão a longo prazo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás e às servidoras técnico-administrativas em Educação, Cíntia Cristina S. D. Palma e Thaís M. Amorim, pela divulgação institucional da ação de extensão.

REFERÊNCIAS

- ANGELER, David G.; BAHÓ, Didier L.; ALLEN, Craig R.; JOHNSON, Richard K. Linking degradation status with ecosystem vulnerability to environmental change. *Oecologia*, [s.l.], v. 178, n. 3, p. 899-913, 2015.
- BAHÓ, Didier L.; FUTTER, Martyn N.; JOHNSON, Richard K.; ANGELER, David G. Assessing temporal scales and patterns in time series: comparing methods based on redundancy analysis. *Ecological Complexity*, [s.l.], v. 22, p. 162-168, 2015.
- BARBOSA, Martin Schwellberger; SGOBBI, Livia Flório; PEREIRA, Gustavo Nicolau; PAIVA, João Vitor Fernandes; TELES, Bianca Fagundes; PAULA, Daniel Santos; FERRI, Pedro Henrique. WebCiência IQ-UFG: padrões temporais multiescala na transpandemia. *Revista ELO - Diálogos em Extensão*, Viçosa, v. 14, 2025.
- BAUMAN, David; DROUET, Tomas; FORTIN, Marie-Josée; DRAY, Stéphane. Optimizing the choice of a spatial weighting matrix in eigenvector-based methods. *Ecology*, [s.l.], v. 99, n. 10, p. 2159-2166, 2018.
- BEHPOUR, Sahar; MOHAMMADI, Mohammadmahdi; ALBERT, Mark V.; ALAM, Zinat S.; WANG, Lingling; XIAO, Ting. Automatic trend detection: time-biased document clustering. *Knowledge-Based Systems*, [s.l.], v. 220, 106907, 2021.
- BERTOLO, Andrea; BLANCHET, F. Guillaume; MAGNAN, Pierre; BRODEUR, Philippe; MINGELBIER, Marc; LEGENDRE, Pierre. Inferring processes from spatial patterns: the role of directional and non-directional forces in shaping fish larvae distribution in a freshwater lake system. *PLoS ONE*, Califórnia, v. 7, n. 11, e50239, 2012.
- BLANCHET, F. Guillaume; LEGENDRE, Pierre; BORCARD, Daniel. Modelling directional spatial processes in ecological data. *Ecological Modelling*, [s.l.], v. 215, n. 4, p. 325-336, 2008.
- BRIND'AMOUR, Anik; MAHÉVAS, Stéphanie; LEGENDRE, Pierre; BELLANGER, Lise. Application of Moran's eigenvector maps (MEM) to irregular sampling designs. *Spatial Statistics*, [s.l.], v. 26, p. 56-68, 2018.
- CASTILLO-ESCRIVÀ, Andreu; RUEDA, Juan; ZAMORA, Laia; HERNÁNDEZ, Ramón; MORAL, Mónica del; MESQUITA-JOANES, Francesc. The role of watercourse versus overland dispersal and niche effects on ostracod distribution in Mediterranean streams (eastern Iberian Peninsula). *Acta Oecologica*, [s.l.], v. 73, p. 1-9, 2016.
- DALONGEVILLE, Alicia; ANDRELLO, Marco; MOUILLOT, David; LOBREAUX, Stéphane; FORTIN, Marie-Josée; LASRAM, Frida; BELMAKER, Jonathan; ROCKLIN, Delphine; MANEL, Stéphanie. Geographic isolation and larval dispersal shape seascape genetic patterns differently according to spatial scale. *Evolutionary Applications*, [s.l.], v. 11, n. 8, p. 1437-1447, 2018.
- FADLELMOLA, Faisal M.; PANJI, Sumir; AHMED, Azza E.; GHOUILA, Amel; AKURUGU, Wisdom A.; ENTFELLNER, Jean-Baka Domelevo; SOUIAI, Oussema; MULDER, Nicola. Ten simple rules for organizing a webinar series. *PLoS Computational Biology*, São Francisco, v. 15, n. 4, e1006671, 2019.

GOYER, Katerine; BERTOLO, Andrea; PÉPINO, Marc; MAGNAN, Pierre. Effects of lake warming on behavioural thermoregulatory tactics in a cold-water stenothermic fish. *PLoS ONE*, California, v. 9, n. 3, e92514, 2014.

HAMMOND, Claudia. *Time Warped. Unlocking the Mysteries of Time Perception*. Harper: New York, 2013.

HORVÁTH, Zsófia; VAD, Csaba Ferenc; PTACNIK, Robert. Wind dispersal results in a gradient of dispersal limitation and environmental match among discrete aquatic habitats. *Ecography*, Lund, v. 39, n. 8, p. 726-732, 2016.

ISMAIL, Ismail Ibrahim; ABDELKARIM, Ahmed; AL-HASHEL, Jasem Yousef. Physicians' attitude towards webinars and online education amid COVID-19 pandemic: When less is more. *PLoS ONE*, California, v. 16, n. 4, e0250241, 2021.

KASMIRE, Julia; ZHAO, Anran. Discovering the arrow of time in machine learning. *Information*, Basileia, v. 12, n. 11, 439, 2021.

LANA, Jeferson; GAMA, Marina Amado Bahia; BANDEIRA-DE-MELLO, Rodrigo; MARCON, Rosilene. O tempo como legitimador da causa: Implicações temporais em pesquisas de administração. *Revista Alcance*, Itajaí, v. 25, n. 1, p. 106-119, 2018.

LEGENDRE, Pierre; GAUTHIER, Olivier. Statistical methods for temporal and space-time analysis of community composition data. *Proceedings of the Royal Society B*, Londres, v. 281, n. 1778, 20132728, 2014.

LEITE, Viviane Brandão; ANDRADE-NETO, Antônio Vieira. Conceitos de espaço, tempo e movimento na Mecânica Clássica e na Teoria da Relatividade. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 45, e20220321, 2023.

LÉVESQUE, David; PINEL-ALLOUL, Bernadette; MÉTHOT, Ginette; STEEDMAN, Robert. Effects of climate, limnological features and watershed clearcut logging on long-term variation in zooplankton communities of boreal shield lakes. *Water*, Basileia, v. 9, n. 10, 733, 2017.

LUETHJE, Melina; MOSQUERA, Pablo V.; HAMPEL, Henrietta; FRITZ, Sherilyn Claire; BENITO, Xavier. Planktic diatom responses to spatiotemporal environmental variation in high-mountain tropical lakes. *Freshwater Biology*, [s.l.], v. 69, n. 3, p. 387-402, 2024.

MARZOCHI, Samira Feldman. Espaço, tempo, subjetividade e mídias digitais: notas para a composição típica-ideal do sujeito político contemporâneo. In: XXXI Congreso de la Asociación Latinoamericana de Sociología. Montevideo. *Anais [...]*. Montevideo: Associação Latinoamericana de Sociologia: GT 03-Producción, consumos culturales y medios de Comunicación, 2017.

MOREIRA, José Genivaldo do Vale; NAGHETTINI, Mauro. Detecção de tendências monotônicas temporais e relação com erros dos tipos I e II: estudo de caso em séries de precipitações diárias máximas anuais do estado do Acre. *Revista Brasileira de Meteorologia*, Rio de Janeiro, v. 31, n. 4, p. 394-402, 2016.

MOURA FILHO, Heitor Pinto. O uso da informação quantitativa em história – Tópicos para discussão. *Locus - Revista de História*, Juiz de Fora, v. 14, n. 1, p. 41-90, 2008.

PARREIRA, Micael Rosa; TESSAROLO, Geiziane; NABOUT, João Carlos. Incorporating symmetrical and asymmetrical dispersal into Ecological Niche Models in freshwater environments. *Acta Limnologica Brasiliensia*, Rio Claro, v. 35, e16, 2023.

PERES-NETO, Pedro Rodrigues; LEGENDRE, Pierre; DRAY, Stéphane; BORCARD, Daniel. Variation partitioning of species data matrices: estimation and comparison of fractions. *Ecology*, [s.l.], v. 87, n. 10, p. 2614-2625, 2006.

PIETROBON-COSTA, Flávio; FORNARI JUNIOR, Celso Carlino Maria; SANTOS, Thiago Martins Ramos. Inovação & propriedade intelectual: panorama dos agentes motores de desenvolvimento e inovação. *Gestão e Produção*, São Carlos, v. 19, n. 3, p. 493-508, 2012.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*: Vienna, version 4.1.3, 2022.

SÁ, Ana Cláudia Antonio Maranhão; LOPES, Janice Pereira; DOS SANTOS, Maria Bethânia Sardeiro; MORAES, Moema Gomes (Orgs). Diretrizes didático-pedagógicas para a organização do ensino remoto na UFG. Cegraf UFG: Goiânia, 2020.

SGOBBI, Livia Flório; BARBOSA, Martin Schwellberger; SEVERINO, Vanessa Gisele Pasqualotto; CLEMENTE, Alan Dumont; PAIVA, João Vitor Fernandes; FERRI, Pedro Henrique. WebCiência IQ-UFG como estratégia de articulação entre comunicação científica e extensão universitária. *Revista ELO - Diálogos em Extensão*, Viçosa, v. 12, 2023.

SHARMA, Sapna; LEGENDRE, Pierre; CÁCERES, Miquel; BOISCLAIR, Daniel. The role of environmental and spatial processes in structuring native and non-native fish communities across thousands of lakes. *Ecography*, Lund, v. 34, n. 5, p. 762-771, 2011.

SOUZA, Denise Eliziana; CARMO, Cleber Nascimento; WELCH, James Robert. Análise temporal e fatores contextuais associados ao HIV/aids no Brasil entre 2000 e 2019. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 57, n. 1, p. 91, 2023.

SVENSSON, Filip; NORBERG, Jon; SNOEIJIS, Pauline. Diatom cell size, coloniality and motility: trade-offs between temperature, salinity and nutrient supply with climate change. *PLoS ONE*, Califórnia, v. 9, n. 10, e109993, 2014.

TRIPODI, Mariel Alejandra; CUETO, Gerardo Ruben; MUSCHETTO, Emiliano; HANCKE, Diego; SUÁREZ, Olga Virginia. Intra- and inter-annual variations in metal concentrations in the superficial water of a highly polluted urban basin of Argentina. *Environmental Science and Pollution Research*, [s.l.], v. 30, n. 21, p. 60838-60853, 2023.

UFG - UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS. Portaria nº 1780 de 16 de maio de 2022. Estabelece o retorno ao trabalho em modo presencial dos servidores da UFG. SEI: UFG nº 2908137, 2022.

VANDAM, Ralf; KAPTIJN, Eva; VANSCHOENWINKEL, Bram. Disentangling the spatio-environmental drivers of human settlement: an eigenvector based variation decomposition. *PLoS ONE*, Califórnia, v. 8, n. 7, e67726, 2013.

WAGNER, Helene Hanna. Direct multi-scale ordination with canonical correspondence analysis. *Ecology*, [s.l.], v. 85, n. 2, p. 342-351, 2004.

WHITROW, Gerald James. O Que é Tempo. Uma Visão Clássica Sobre a Natureza do Tempo. Jorge Zahar: Rio de Janeiro, 2005.