ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS COMO SUBSÍDIO À CLASSIFICAÇÃO DE CURSOS D'ÁGUA EM PERENES, INTERMITENTES E EFÊMEROS

Larissa Dias Rodrigues[1], Thiago de Oliveira Ribeiro[1], Lylian Gabriele Carneiro Oliveira[1], Cássia Juliana Fernandes Torres[1], Fernanda Nepomuceno Costa[1].

[1]Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/Laboratório de Materiais de Construção, Rua Rui Barbosa, 710, Centro - 44380-000 - Cruz das Almas-BA, Brasil, larissadr@aluno.ufrb.edu.br; thiagoribeiro@aluno.ufrb.edu.br; lyliangabriele@aluno.ufrb.edu.br; fernandacosta@ufrb.edu.br; cassia.torres@ufrb.edu.br

Resumo
A classificação de cursos d'água em perenes, intermitentes e efêmeros é importante para a compreensão dos regimes hidrológicos e para a gestão dos recursos hídricos. Este estudo teve como objetivo identificar e sistematizar índices pluviométricos com potencial para subsidiar essa classificação. A pesquisa foi desenvolvida por meio de levantamento bibliográfico e análise qualitativa de indicadores derivados de séries de precipitação. Foram identificados índices relacionados à disponibilidade pluviométrica, variabilidade interanual, sazonalidade, duração dos períodos secos, frequência e magnitude dos eventos de chuva. Os resultados demonstraram que a análise conjunta desses indicadores permite representar diferentes características do regime pluviométrico associadas à permanência ou interrupção do escoamento. Conclui-se que os índices pluviométricos podem auxiliar na diferenciação entre regimes perenes, intermitentes e efêmeros, sobretudo em bacias com monitoramento fluviométrico limitado, devendo ser associados a outras informações hidrológicas e fisiográficas.
Palavras-chave: Regime fluvial. Índices Pluviométricos. Hidrologia. Intermitência. Recursos hídricos.

Área do Conhecimento: Engenharias

Introdução

A classificação dos cursos d'água em perenes, intermitentes e efêmeros é fundamental para o entendimento dos regimes hidrológicos, para o planejamento da conservação de ecossistemas de água doce e para a adequada gestão dos recursos hídricos, especialmente em regiões de elevada variabilidade climática (Rivers-Moore e Goodman, 2010; Costa, 2011; Berhanu *et al*., 2015; Ayers *et al.,* 2024). Rios perenes mantêm escoamento contínuo ao longo do ano, enquanto rios intermitentes e efêmeros apresentam interrupções no fluxo em determinados períodos, desempenhando papéis distintos na dinâmica dos ecossistemas, no transporte de sedimentos e nos processos morfológicos das bacias hidrográficas (Justi Junior e Andreoli, 2015; Verdon-Kidd *et al*., 2023; Ayers *et al*., 2024).

A identificação desses regimes, entretanto, pode ser dificultada pela ausência de séries fluviométricas longas e consistentes, situação comum em muitas bacias hidrográficas. Nessas condições, torna-se necessária a utilização de informações complementares capazes de representar o comportamento hidrológico da bacia, incluindo variáveis climáticas e características fisiográficas (Costa, 2011; Justi Júnior; Andreoli, 2015; Verdon-Kidd *et al*., 2023).

Entre as variáveis climáticas, a precipitação apresenta papel fundamental por constituir uma das principais entradas de água no ciclo hidrológico. Entretanto, sua influência sobre o escoamento não depende apenas do volume precipitado, mas também de sua distribuição temporal, variabilidade, sazonalidade e da duração dos períodos secos. Nesse contexto, índices como precipitação média anual, dias secos consecutivos, concentração das chuvas, frequência de dias chuvosos e precipitações máximas podem fornecer informações complementares para a caracterização das condições pluviométricas associadas aos diferentes regimes fluviais (Rivers-Moore; Goodman, 2010; Justi Júnior; Andreoli, 2015).

Diante disso, este estudo teve como objetivo identificar e sistematizar índices pluviométricos com potencial para subsidiar a classificação de cursos d'água em perenes, intermitentes e efêmeros, considerando diferentes características do regime de precipitação.

Metodologia

O estudo caracteriza-se como exploratório e descritivo, desenvolvido por meio de levantamento bibliográfico e sistematização de índices pluviométricos com potencial de aplicação na caracterização de regimes hidrológicos. Foram considerados estudos relacionados à classificação de cursos d'água e à utilização de variáveis pluviométricas na caracterização hidrológica, selecionando-se indicadores capazes de representar diferentes aspectos do regime de precipitação e sua relação com a permanência do escoamento.

Os índices identificados foram organizados de acordo com as características pluviométricas representadas, considerando a quantidade e a distribuição da precipitação, a variabilidade interanual, a concentração das chuvas, a duração dos períodos secos e chuvosos, a frequência de eventos e as precipitações máximas. Entre os indicadores sistematizados, foram considerados índices utilizados pelo RClimDex, calculados a partir de séries diárias de precipitação (Zhang; Yang, 2004).

Para futura aplicação dos índices, poderão ser utilizadas séries históricas de precipitação provenientes de bases oficiais, como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e órgãos estaduais, como o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA), na Bahia. Recomenda-se que as séries sejam previamente avaliadas quanto à extensão temporal, consistência e presença de falhas antes do cálculo dos indicadores.

A análise foi realizada de forma qualitativa e comparativa, buscando identificar a contribuição de cada índice para a caracterização das condições pluviométricas potencialmente associadas aos regimes perene, intermitente e efêmero. Os indicadores foram considerados como elementos de apoio à classificação hidrológica, não sendo utilizados isoladamente como critérios definitivos de enquadramento dos cursos d'água.

Resultados

Os índices pluviométricos identificados no levantamento contemplam diferentes características do regime de precipitação, incluindo a disponibilidade pluviométrica, a variabilidade interanual, a concentração temporal das chuvas, a duração dos períodos secos, a frequência de eventos de precipitação e a ocorrência de precipitações máximas (Tabela 1).

Tabela 1: Índices pluviométricos com potencial de aplicação na caracterização de regimes fluviais.

Nome índice	Conceito	Equação	Variáveis
Precipitação média anual	A obtenção dessa característica está associada ao cálculo da chuva média na bacia, por meio do procedimento de espacialização das precipitações registradas em cada uma das estações da rede pluviométrica. (Método de Thiessen).	$P = \frac{\sum_{i=1}^{n} PiAi}{A}$	Pi - chuva em cada posto da rede pluviométrica; Ai - área de influência de cada posto da rede pluviométrica; e A - área total da bacia.
	Método das isoietas é o mais utilizado para representar as precipitações de uma região. São curvas que unem pontos que possuem a mesma intensidade de precipitação.		
	Método IDW (Ponderação do Inverso da Distância) é um tipo de espacialização das precipitações por interpolação na qual os dados recebem pesos, os quais são inversos da distância.	$Z(x) = \frac{\sum_{i=1}^{n} \omega i Z(Xi)}{\sum_{i=1}^{n} \omega i}$ onde: $\omega i = \frac{1}{h(x, xi)^p}$	Z(x) - Valor a interpolar; - Quantidade de pontos próximos utilizados para interpolar x; Z(xi) - Valor do ponto Xi; ωi - Peso de Xi sobre X; h(x,xi) - Distância entre X e Xi; p - Parâmetro de potência.
Dias secos	Número máximo de dias consecutivos sem chuva no ano (precipitação < 1mm).		

consecutivos (CDD)	Indica a duração de períodos de estiagem.		
Coeficiente de variabilidade da precipitação média anual (%) (cvannp)	Mede a dispersão relativa da precipitação anual em torno da média, refletindo a irregularidade interanual.	$CV = \frac{\sigma}{\mu} \cdot 100$	σ - Desvio padrão; μ - Média da série anual.
Índice de concentração da precipitação (rainconc)	Indica o grau de concentração das chuvas em poucos meses do ano, refletindo a sazonalidade.	Baseada na distribuição percentual da chuva mensal ao longo do ano.	-
Precipitação mínima do mês mais seco	Menor volume médio de chuvas registrado no mês mais seco, indicador do período crítico de estiagem (particularmente em regiões mediterrâneas e semiáridas).	Valor observado ou interpolado das séries históricas mensais.	-
Número de dias com precipitação igual ou acima de limiares (R10mm e R20mm)	R10mm reflete a frequência anual de eventos de chuva ≥ 10mm/dia -	-	
	R20mm reflete a frequência anual de eventos de chuva ≥ 20mm/dia.		
Precipitação acumulada em dias chuvosos	Fornece a precipitação, em mm, acumulada durante o ano.	$PRCPTOTj = \sum_{i=1}^{I} RR$	RRij - Valor diário de precipitação no dia i do período j.
Máxima precipitação anual (RX1day e RX5day)	RX1day calcula a precipitação diária, em mm, mais intensa ocorrida no ano. O índice reflete a intensidade de chuva que pode causar inundações bruscas.	RX1dayj = max (RRij)	RRij - Valor diário de precipitação no dia i do período j.
	RX5day calcula a precipitação, em mm, mais intensa ocorrida no ano, acumulada em 5 dias consecutivos. Indica a possibilidade de ocorrência de deslizamentos.	RX5dayj = max (RRkj)	RRkj - Valor da precipitação em um intervalo de 5 dias que termina em k, período j.

Fonte: Adaptado de Rivers-Moore e Goodman (2010); RClimDex.

Os índices pluviométricos identificados no levantamento abrangem diferentes componentes do regime de precipitação (Tabela 1). A precipitação média anual e a precipitação total anual em dias úmidos (PRCPTOT) representam aspectos relacionados à quantidade de chuva, enquanto o coeficiente de variabilidade da precipitação (cvannp) e a concentração das chuvas (rainconc) permitem representar, respectivamente, a variabilidade entre os anos e a distribuição da precipitação ao longo do ano.

A caracterização dos períodos de menor disponibilidade pluviométrica é contemplada pelo número de dias secos consecutivos (CDD) e pela precipitação mínima do mês mais seco. Por outro lado, R10mm e R20mm expressam a frequência anual de dias em que determinados limiares de precipitação são atingidos, enquanto RX1day e RX5day representam os maiores acumulados registrados em um e cinco dias consecutivos.

Entre os índices identificados, CDD, R10mm, R20mm, PRCPTOT, RX1day e RX5day integram o conjunto de indicadores de precipitação utilizados pelo RClimDex, possibilitando sua obtenção a partir de séries históricas de precipitação diária (Zhang; Yang, 2004). Em conjunto, os indicadores sistematizados contemplam diferentes escalas temporais e características da precipitação, desde sua quantidade acumulada e distribuição anual até a ocorrência de períodos secos e eventos de maior magnitude.

Discussão

A precipitação média anual, embora importante para representar a disponibilidade hídrica de uma região, quando analisada isoladamente pode não ser suficiente para compreender a permanência do escoamento. A distribuição temporal e a variabilidade das chuvas também exercem papel relevante, uma vez que maior irregularidade interanual e concentração da precipitação em poucos meses podem estar associadas a regimes hidrológicos menos estáveis, com escoamentos episódicos e períodos prolongados de estiagem (Rivers-Moore; Goodman, 2010).

Nesse sentido, a ocorrência de chuvas mais regulares e distribuídas ao longo do ano tende a favorecer maior continuidade do fluxo, enquanto a concentração das precipitações em determinados períodos, associada a períodos prolongados de estiagem, pode contribuir para a sazonalidade e interrupção do escoamento. Essa relação é particularmente importante para a diferenciação dos cursos d'água não perenes, uma vez que rios intermitentes apresentam interrupções do fluxo em determinados períodos do ano, enquanto rios efêmeros apresentam escoamento associado principalmente à ocorrência de eventos de precipitação (Rivers-Moore; Goodman, 2010; Costigan *et al*., 2017).

Entretanto, a ocorrência de precipitação não determina, isoladamente, o comportamento hidrológico de um curso d'água. A resposta da bacia também é condicionada por suas características físicas, uma vez que fatores relacionados ao relevo, à forma e à rede de drenagem interferem nos processos de infiltração e escoamento superficial (Svec *et al*., 2005; Costa, 2011; Justi Júnior; Andreoli, 2015). Dessa forma, bacias submetidas a condições pluviométricas semelhantes podem apresentar respostas hidrológicas distintas em função de suas características fisiográficas.

Assim, os índices pluviométricos apresentam maior potencial quando analisados de forma integrada e associados, sempre que disponíveis, a informações fluviométricas e fisiográficas. Sua utilização permite complementar a caracterização hidrológica, especialmente em locais com limitações de dados de vazão, sem que sejam considerados isoladamente como critérios definitivos para classificar os cursos d'água em perenes, intermitentes e efêmeros.

Conclusão

A sistematização realizada permitiu identificar um conjunto de índices pluviométricos capazes de representar diferentes características da precipitação relacionadas à disponibilidade e à variabilidade hídrica. A análise dos indicadores evidenciou que aspectos como distribuição temporal das chuvas, duração dos períodos secos, frequência e intensidade dos eventos apresentam potencial para complementar a caracterização dos regimes de fluxo.

Os resultados indicam que a utilização conjunta dos índices pode fornecer informações relevantes para subsidiar a diferenciação entre cursos d'água perenes, intermitentes e efêmeros, sobretudo em áreas com limitada disponibilidade de dados fluviométricos. Ressalta-se, contudo, que os indicadores pluviométricos não constituem critérios isolados para a definição do regime fluvial, devendo ser considerados em conjunto com outras informações hidrológicas.

Como perspectiva de continuidade, propõe-se a aplicação dos índices sistematizados em uma área de estudo, associando dados pluviométricos a informações hidrológicas e espaciais, com o objetivo de avaliar sua capacidade de subsidiar a classificação dos cursos d'água. Essa etapa permitirá verificar, em condições reais, a aplicabilidade dos indicadores identificados e contribuir para o aprimoramento de metodologias de classificação de regimes fluviais.

Referências

AYERS, J. R.; YARNELL, S. M.; BARUCH, E.; LUSARDI, R. A.; GRANTHAM, T. E. **Perennial and non-perennial streamflow regime shifts across California, USA**. Water Resources Research, Washington, DC, v. 60, e2023WR035768, p. 1-13, 2024. DOI: 10.1029/2023WR035768.

BERHANU, B.; SELESHI, Y.; DEMISSE, S. S.; MELESSE, A. M. **Flow Regime Classification and Hydrological Characterization: A Case Study of Ethiopian Rivers**. *Water*, v. 7, n. 6, p. 3149-3165, 2015.

COSTA, V. A. F. ***Modelos regionais de curvas de permanência de vazões para rios perenes, intermitentes e efêmeros, e seu emprego na calibração indireta de modelos de simulação***

***hidrológica*.** 2011. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

COSTIGAN, K. H.; KENNARD, M. J.; LEIGH, C., SAUQUET, E., DATRY, T., & BOULTON, A. J. Regimes de fluxo em rios intermitentes e córregos efêmeros. In: **Rios intermitentes e córregos efêmeros**. Academic Press, 2017. p. 51-78.

JUSTI JÚNIOR, J.; ANDREOLI, C. V. Uso de dados climáticos e hidrológicos como subsídio na determinação do regime de fluxo de canais de drenagem. ***Revista Brasileira de Geomorfologia***, v. 16, n. 1, p. 177-189, 2015.

RIVERS-MOORE, N. A.; GOODMAN, P. S. River and wetland classifications for freshwater conservation planning in KwaZulu-Natal, South Africa. ***African Journal of Aquatic Science***, v. 35, n. 1, p. 61-72, 2010.

VERDON-KIDD, D. C.; SANDI, S. G.; METCALFE, A. M.; KIDD, L. J. Challenges of classifying and mapping perennial freshwater systems within highly variable climate zones: A case study in the Murray Darling Basin, Australia. ***Science of the Total Environment***, v. 905, p. 167260, 2023.

ZHANG, X.; YANG, F. ***RClimDex*** *(1.0): User Manual*. Downsview, Ontario: Climate Research Branch, Environment Canada, 2004.