

## IX-643 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DAS CHUVAS NA BACIA HIDROGRÁFICA EXPERIMENTAL DO CÓRREGO GLÓRIA, EM UBERLÂNDIA/MG

**Flavya Fernanda França Vilela<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Uberlândia, Mestranda em Qualidade Ambiental pela Universidade Federal de Uberlândia.

**Hudson de Paula Carvalho<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Uberlândia, Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Lavras, Doutor em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/ESALQ/USP, Professor Associado da Universidade Federal de Uberlândia.

**Marcia Regina Batistela Moraes<sup>(1)</sup>**

Engenheira Agrônoma pela Universidade de Taubaté, Mestre em Qualidade Ambiental pela Universidade Federal de Uberlândia, Técnica Administrativa em Educação da Universidade Federal de Uberlândia.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Instituto de Ciências Agrárias/ICIAAG, Campus Glória, BR-050 - km 78 - Uberlândia - MG - CEP: 38410-337 - Brasil - Tel: (34) 2512-6701 - e-mail: [flavya2310@ufu.br](mailto:flavya2310@ufu.br)

### RESUMO

A compreensão dos principais padrões da distribuição temporal da precipitação viabiliza a execução de estudos e obras na engenharia e na agropecuária. A variação da intensidade durante a chuva é uma dessas importantes características. Entretanto, pouco se sabe sobre os padrões de chuva ocorrentes no Brasil, devido à falta de dados pluviométricos com pequenos intervalos no tempo. Este trabalho teve como objetivos determinar os padrões das chuvas convectivas verificadas na Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego do Glória (BHEGL), em três padrões propostos. Dados pluviométricos com intervalo de 5 minutos foram cedidos por quatro pontos de controle dentro da BHEGL, sendo eles: a Estação Hidrométrica da Bacia Hidrográfica do Córrego do Glória (HGL), a Estação Meteorológica da Bacia Hidrográfica do Córrego do Glória (MGL), a Estação Pluviométrica 1 da Bacia Hidrográfica do Córrego do Glória (PGL1) e a Estação Pluviométrica 2 da Bacia Hidrográfica do Córrego do Glória (PGL2), compreendendo o período de 2016 a 2022. As chuvas foram classificadas em padrão avançado, intermediário e atrasado, de acordo com a posição do pico de máxima intensidade. Das 637 chuvas convectivas individuais analisadas na HGL, 1.074 na MGL, 646 na PGL1 e 859 na PGL2, os padrões, intermediário, adiantado e atrasado, corresponderam em média a 58,85; 24,55 e 16,35% do total de chuvas, consecutivamente. Isso caracteriza o padrão intermediário como o padrão de chuvas mais frequente na BHEGL.

**PALAVRAS-CHAVE:** séries temporais; chuvas convectivas; perfil de precipitação.

### INTRODUÇÃO

A precipitação pluvial é o principal componente do ciclo hidrológico, representando a maior porcentagem da recarga de água de uma bacia hidrográfica, tornando-a uma variável reguladora da produtividade primária e secundária (MELLO *et al.*, 2013). O estudo do regime de chuvas de uma região é comumente realizado a partir de dados de estações pluviométricas, obtidos por meio de um pluviômetro ou pluviógrafo. Sua medição é feita com a altura de água ou lâmina que seria acumulada em superfície plana se nenhuma perda ocorresse.

Frente à importância da água, a compreensão dos principais padrões da distribuição espacial e temporal da precipitação, bem como a previsão do seu comportamento é essencial ao planejamento e gestão de recursos hídricos e para tomada de decisões relacionadas a atividades socioambientais e desenvolvimento do agronegócio (SOARES *et al.*, 2016; FERREIRA *et al.*, 2021). Ademais, a compreensão da distribuição espacial e temporal da precipitação pode, também, minimizar a vulnerabilidade humana por meio da gestão ambiental sustentável (MAIER *et al.*, 2016).

A caracterização física da chuva se torna necessária em estudos que buscam identificar tendências da precipitação em determinada região, quanto à duração e intensidade, bem como a ocorrência de chuvas

convectivas e frontais. Nunes *et al.* (2021) relata a importância da caracterização física da chuva no planejamento e gestão urbana, em controle de inundações e em projetos de infraestrutura hídrica.

Eventos de precipitação extrema e inundações, indicando mudanças climáticas globais, estão relatados no Capítulo 11 do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2021). O aumento projetado na intensidade de precipitação extrema representa maior frequência e magnitude de inundações pluviais devido à elevação da intensidade de precipitação que excede a capacidade de sistemas de drenagem.

Analisar os efeitos das chuvas intensas em termos de erosão do solo e transporte de sedimentos e identificar áreas de risco para atividades humanas é essencial para a sociedade. O escoamento superficial e a degradação das partículas do solo causadas por chuvas intensas tornam a análise da precipitação um dos produtos mais importantes da engenharia de conservação do solo e da água (BESKOW *et al.*, 2009). O conhecimento das características das chuvas aumenta a segurança no planejamento de estruturas de conservação do solo, como: obras hidráulicas para controle de cheias, barragens e canais de drenagem urbana, e auxilia no mapeamento de áreas com maior potencial para ocorrência de erosão do solo, entre outras aplicações. Contudo, torna-se necessário estimar a chuva intensa associada a uma determinada frequência de ocorrência, requerendo o conhecimento da relação entre sua intensidade, duração e frequência (BACK *et al.*, 2011).

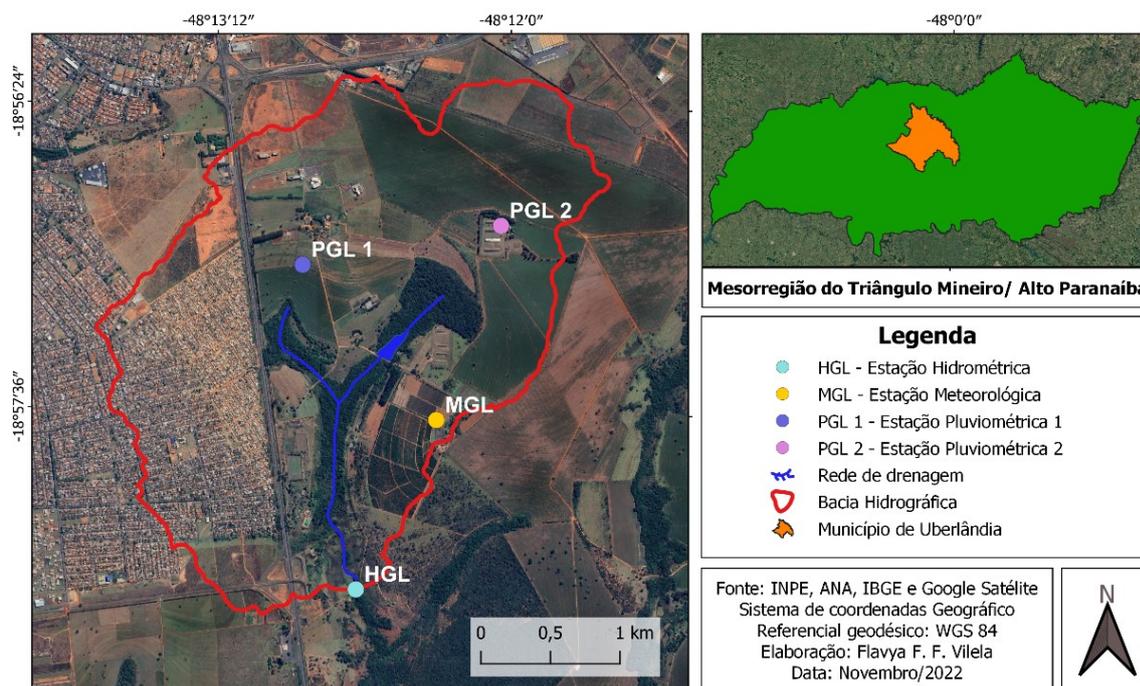
Segundo Mehl *et al.* (2001), em razão da intensidade das chuvas, classificamo-las em: padrão adiantado (AV), intermediário (IN) e atrasado (AT), quando a localização dos picos de maior intensidade está no início, meio ou fim do período de duração das chuvas, respectivamente. O conhecimento desses padrões é de grande importância na determinação de histogramas de projeto e estudos de perdas de solo e água em bacias hidrográficas.

O presente estudo tem como objetivo principal caracterizar o padrão da chuva na Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego do Glória (BHEGL), em Uberlândia - MG.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Local de estudo

A Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego do Glória (BHEGL) está localizada na zona urbana do município de Uberlândia - MG, apresenta área aproximada de 8,82 km<sup>2</sup> e seu exutório é determinado pelo ponto de controle da Estação Hidrométrica da Bacia Hidrográfica do Córrego do Glória (HGL), como é mostrado na Figura 1. Pelo sistema de coordenadas geográficas, a BHEGL encontra-se entorno da latitude 18°58'18"S e longitude 48°12'36"O. Trata-se de uma bacia parcialmente urbanizada com o Campus Glória da UFU em seu interior. O Córrego do Glória é um dos afluentes do Rio Uberabinha pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Araguari. O regime pluvial do município de Uberlândia - MG é caracterizado por inverno seco e verão chuvoso onde se observa a prevalência de sistemas de chuvas frontais e chuvas convectivas.



**Figura 1: Mapa da Bacia Hidrográfica Experimental do Córrego do Glória. Fonte: Autoral, produzido no QGIS® (2022).**

Na área de estudo localiza-se, além da HGL, outras três estações, sendo elas a Estação Meteorológica da Bacia Hidrográfica do Córrego do Glória (MGL), a Estação Pluviométrica 1 da Bacia Hidrográfica do Córrego do Glória (PGL1) e Estação Pluviométrica 2 da Bacia Hidrográfica do Córrego do Glória (PGL2). As mesmas são monitoradas desde 2015 com dados de intervalos de 5 minutos pelo Laboratório de Hidrologia (HIDRO) e pelo Laboratório de Climatologia e Meteorologia Ambiental (CliMA), ambos do Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG) da UFU. Para o monitoramento das precipitações na BHEGL, as estações estão equipadas com pluviômetros de bascula automático com registrador de dados (*data logger*), com precisão de 0,1 mm e frequência de registro de 5 minutos.

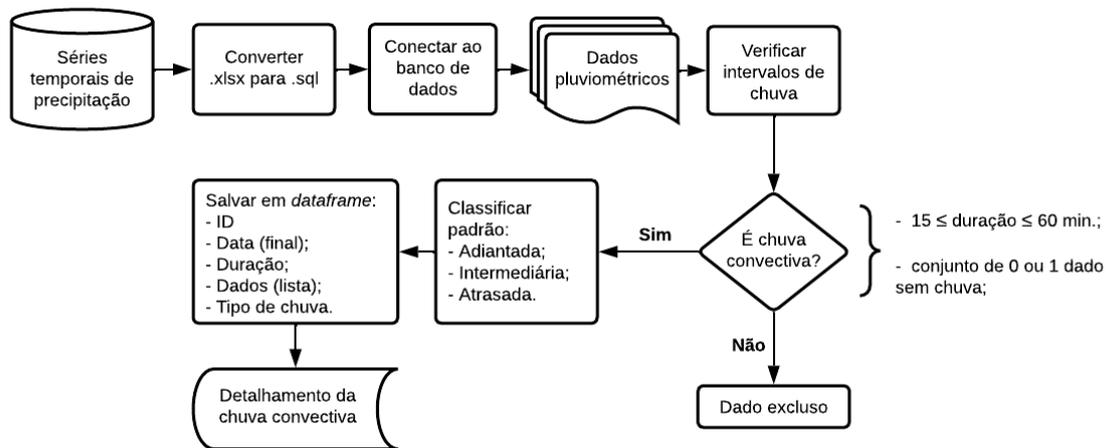
No levantamento de dados disponíveis das referidas estações foram anotados os períodos que apresentaram falhas devido à contratemplos técnicos, operacionais e orçamentários. A porcentagem de dados ausentes nas estações selecionadas é apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1: Detalhamento das estações de estudo.**

Estações	Período de estudo	Período de falhas	Falhas
HGL	11:30 11/12/2016 a 15:10 20/04/2022	13:20 12/05/2017 a 17:00 05/06/2017 03:05 14/06/2018 a 11: 15 17/10/2018 14:00 16/03/2020 a 19:05 22/04/2020 11:20 17/09/2020 a 21:25 15/01/2021 18:25 13/03/2021 a 19:50 29/03/2021 16:50 25/05/2021 a 21:35 24/06/2021 18:35 20/08/2021 a 18:20 07/10/2021 15:40 03/12/2021 a 12:50 30/12/2021	21,9%
MGL	16:00 23/10/2015 a 10:55 07/04/2022	00:00 02/10/2020 a 23:55 27/10/2020	1,1%
PGL1	16:35 28/01/2017 a 13:25 20/04/2022	14:15 11/09/2020 a 23:00 19/11/2020	3,6%
PGL2	14:20 02/12/2016 a 14:52 20/04/2022	13:50 11/09/2020 a 23:10 19/11/2020	3,5%

### Processamento dos dados

Para o tratamento e análise dos dados, o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) escolhido foi o MySQL com auxílio da linguagem de programação Python®, utilizando a IDE (*Integrated Development Environment*) *Visual Studio Code*®. A Figura 2 apresenta o fluxograma de todo o processo percorrido, iniciando na transformação dos dados, originalmente em forma .xlsx (arquivo Excel®), para banco de dados .sql (arquivos SQL).



**Figura 2: Fluxograma do processo de análise de dados. Fonte: Autoral (2022).**

A segunda etapa do estudo consistiu em identificar as chuvas convectivas que, por apresentarem curta permanência, foram definidas como sendo chuvas com duração máxima de sessenta minutos. O valor máximo de uma hora de duração para chuvas convectivas é referente ao levantamento realizado por Fisch *et al.* (2007) no estudo de variabilidade espacial da chuva durante o experimento LBA/TRMM 1999 na Amazônia.

A Tabela 2 demonstra como foram avaliados os dados de chuva convectivas, sendo cada coluna um exemplo de conjunto de dados extraídos, e cada item da coluna representa existência ou ausência de chuva no período de 5 minutos, onde “x” representa que choveu e “0” representa que não choveu. As colunas A e B representam dados que não foram considerados neste estudo, por se tratar de chuvas com duração menor a quinze minutos. Já os dados das colunas C e D foram considerados por se tratar de chuvas com duração maior ou igual a quinze minutos e menor ou igual a 60 minutos, podendo ter pausas na ocorrência da precipitação de 5 minutos.

**Tabela 2: Exemplo de padrões de chuva.**

A	B	C	D
0	0	0	0
0	0	0	0
0	x	x	x
x	x	x	0
0	0	x	x
0	0	0	x
0	0	0	0
...	...	...	...

Nos processos de classificação dos dados, foi utilizado o método de análise sequência do loop ‘For’ da linguagem Python®, o qual percorreu as tabelas de cada estação seguindo os padrões pré-determinados. As tabelas com os dados originais forneciam data (minuto, hora, dia, mês e ano) e a precipitação acumulada, com intervalos de 5 minutos.

## Método de avaliação

Na verificação do tipo de chuva usou-se o método percentual (Equação 1), separando o tempo total de duração das chuvas em três partes iguais. Esse método de classificação dos padrões da chuva, foi proposto por Horner et al. (1941); Mehl *et al.* (2001); Eltz *et al.* (2001), com intuito de se ter o acúmulo das intensidades (mm.h<sup>-1</sup>) em cada terço de duração.

$$\%T_{(n,D)} = \frac{t_{(n)} * 100}{d_{(D)}} \quad (1)$$

Onde: %T(n,D): porcentagem do tempo no intervalo (n), ao longo da duração total (D); n: intervalos da chuva; t(n): tempo no intervalo n (minutos); d(D): duração total da chuva (minutos).

Após realizada a identificação da porcentagem de cada intervalo de tempo ao longo da chuva, é calculada a intensidade em cada intervalo de precipitação com uso da equação demonstrada (Equação 2).

$$I_{(n)} = \frac{P_{(n)} * M}{m} \quad (2)$$

Onde: I(n): intensidade da chuva no intervalo n (mm.h<sup>-1</sup>); t(n): precipitação no intervalo n (mm); m: intervalo da chuva (5 minutos); M: conversão para chuva de 24 horas (60 minutos).

Soma-se as intensidades em cada terço, e então é feita a identificação da maior concentração de chuva em cada padrão: se 0 a 33,34% chuva adiantada (AV); se 33,35 a 66,67% chuva intermediária (IN); e se maior que 66,67% chuva atrasada.

## RESULTADOS

Na classificação de chuvas convectivas, neste trabalho também denominada CC, com máximo de sessenta minutos de duração, foram identificados 637 intervalos de chuva referentes à HGL, 1074 na MGL, 646 na PGL1 e 859 na PGL2 (Tabela 5). Analisou-se também a porcentagem das CC sobre as chuvas totais, maiores que sessenta minutos, observando a maior ocorrência das CC na região.

**Tabela 3: Dados chuvas convectivas (CC).**

Estações	Nº chuvas totais	% CC
HGL	803	79,3
MGL	1336	80,4
PGL1	818	79,0
PGL2	1134	75,7

Chuvas convectivas são caracterizadas por pequenas durações e grandes intensidades durante o verão. Weisman *et al.* (1986); Fisch *et al.* (2007); Mourão *et al.* (2010) distinguiram chuvas de origem convectivas com duração até uma hora, já Pinheiro *et al.* (1997) as diferenciaram, classificando-as em chuvas com duração de uma a quatro horas.

A Figura 3 apresenta a ocorrência das chuvas de até duas horas nos postos de monitoramento, tendendo ao gráfico de regressão exponencial, onde chuvas de maior duração ocorrem com menor frequência. Entretanto, não foram analisadas como ocorrem as chuvas convectivas e suas interrelações espaço-temporais. Estas relações são importantes para se extrapolar medidas pontuais para representar uma determinada área em posteriores aplicações hidrológicas, tais como estimativa do volume de água precipitado sobre uma bacia hidrográfica durante uma chuva intensa.

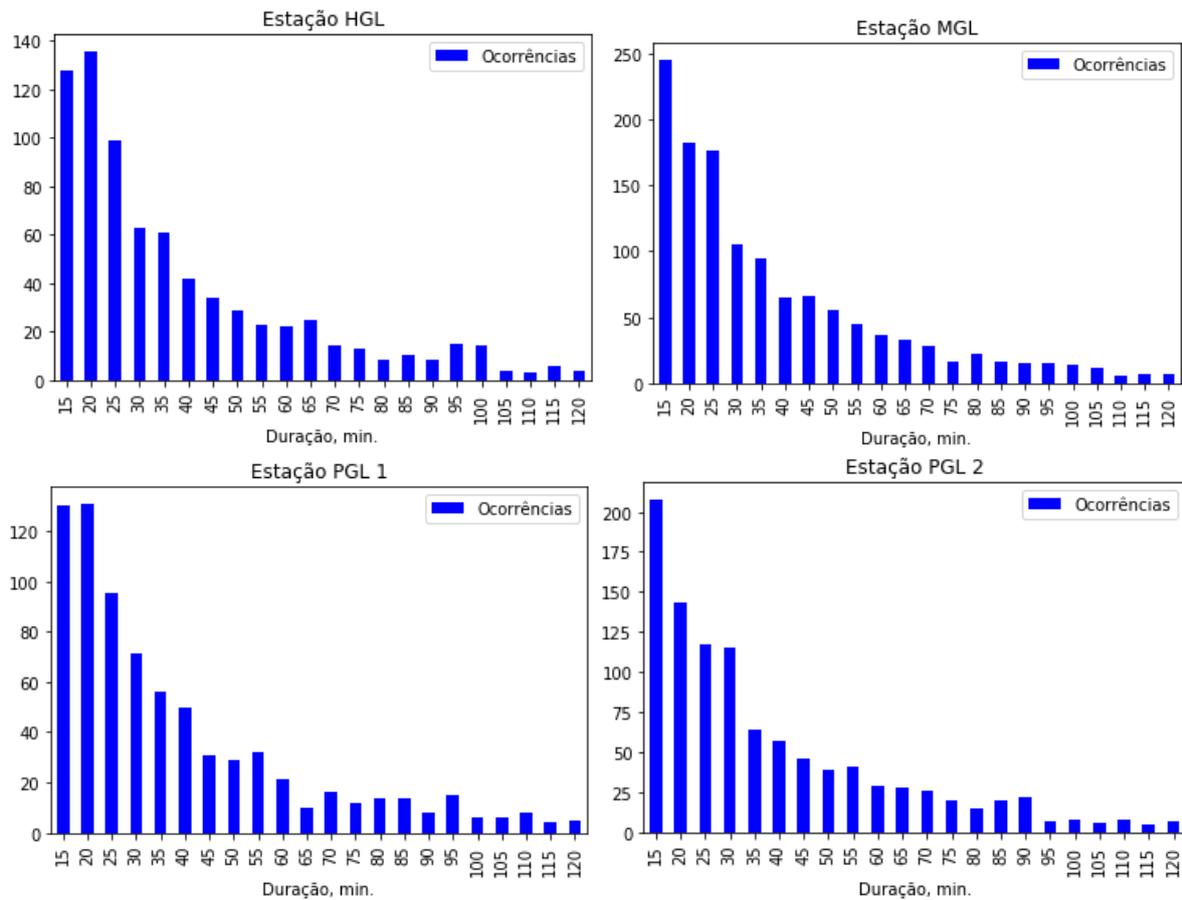


Figura 3: Número de ocorrência de chuva x duração. Fonte: Autoral (2022).

Mello *et al.* (2013) apontaram que há maior ocorrência das CC no verão, incentivando o levantamento de ocorrências de chuvas convectivas mensais realizado neste trabalho (Figura 4). Foi verificado que maiores ocorrências de chuvas convectivas se deram no período de outubro a março, período de verão chuvoso na região.

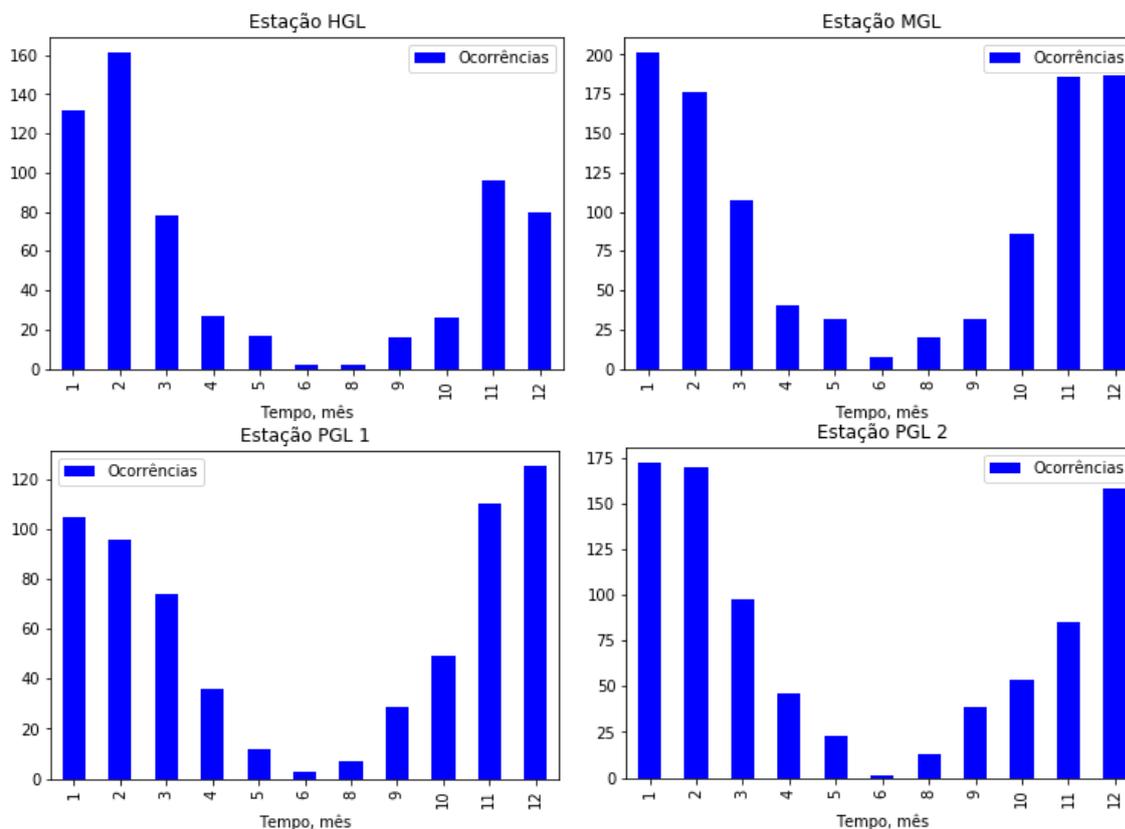


Figura 3: Número de ocorrência de chuvas convectivas por mês. Fonte: Autoral (2022).

As Tabelas 4 e 5 apresentam o levantamento dos tipos de chuva nas estações de estudo, havendo uma predominância das chuvas do tipo intermediárias, com média de 58,85% de ocorrência.

Tabela 4: Porcentagem dos padrões de chuva nas estações.

Estação	Adiantada	Intermediária	Atrasada
HGL	24,3%	59,1%	16,6%
MGL	27,0%	57,0%	15,0%
PGL1	21,9%	59,4%	18,7%
PGL2	25,0%	59,9%	15,1%
Média	24,55%	58,85	16,35%

Tabela 5: Porcentagem anual dos padrões de chuva nas estações.

Tipo	Estação	2017	2018	2019	2020	2021
Adiantada	HGL	16,0%	24,6%	26,7%	30,4%	25,6%
	MGL	23,5%	28,6%	24,8%	28,1%	21,2%
	PGL1	19,8%	22,1%	24,3%	19,2%	19,8%
	PGL2	24,6%	26,9%	32,1%	22,8%	19,6%
Intermediária	HGL	67,9%	57,3%	58,3%	57,0%	48,8%
	MGL	57,6%	56,5%	66,7%	58,8%	55,1%
	PGL1	65,9%	68,2%	53,2%	44,2%	53,8%
	PGL2	60,0%	57,7%	54,0%	60,4%	60,1%
Atrasada	HGL	16,1%	18,1%	15,0%	12,6%	26,6%
	MGL	18,9%	14,9%	8,5%	13,1%	23,7%
	PGL1	14,3%	9,7%	22,5%	36,5%	26,4%
	PGL2	15,4%	15,4%	13,9%	16,8%	20,3%

A Figura 4 apresenta, por meio de análise gráfica, o comportamento desses três tipos de chuvas, sendo A as chuvas adiantadas com maior intensidade no início, B as chuvas intermediárias que tendem à uma distribuição simétrica, e C as chuvas atrasadas com maior intensidade no final.

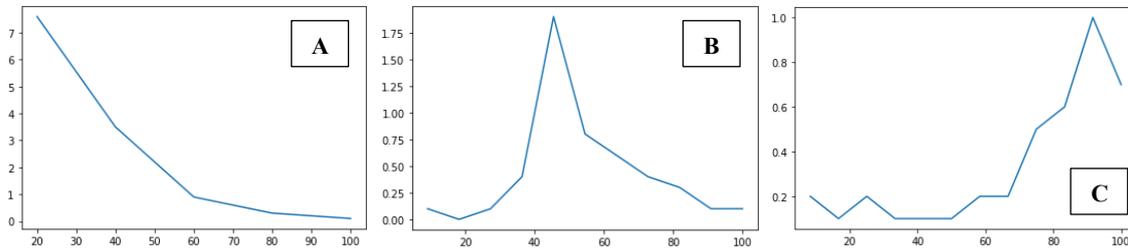


Figura 4: Volume de chuva em mm (eixo y) por tempo em % (eixo x). Fonte: Autoral (2022).

## DISCUSSÃO

As características das chuvas mudam de região para região e, assim, um único padrão pode não ser o mais representativo para todas as regiões. Neste trabalho, avaliando os resultados obtidos para a BHEGL, o padrão de chuva intermediária foi o mais frequente encontrado no período de 2017 a 2021. Ela ocorre de forma bem distribuída ao longo do tempo, encontrando seus picos na metade da duração. Já em estudos na cidade de Santa Maria/RS, o padrão de chuva de maior ocorrência na região foi o padrão adiantado, seguido do padrão atrasado e intermediário (METL *et al.*, 2001).

Em geral, no Brasil e em vários outros países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, as pequenas e médias bacias urbanas e rurais não contam com séries temporais de dados hidrometeorológicos que permitam a avaliação de chuvas de projeto para cada local específico. E que por falta de opções, acabam utilizando metodologias obtidas em outros países e que podem não ser adequadas às características das chuvas locais (ABREU *et al.*, 2017). A aplicação de uma chuva de projeto obtida por procedimentos que se adaptem às características climáticas da região, ou mesmo desenvolvida especificamente para essa área, certamente otimizará os projetos locais de drenagem urbana, possibilitando inclusive uma redução de custos dos mesmos.

## CONCLUSÕES

Este trabalho pretendeu trazer dados importantes sobre a chuva na região do Município de Uberlândia, especificamente para a Bacia Hidrográfica do Córrego do Glória, afluente do Rio Uberabinha, caracterizando-a fisicamente e propiciando estudo inicial de série temporal ainda pequena para pesquisas hidrológicas, mas importante para continuidade e comparativos futuros.

Para se atingir a compreensão das características físicas da BHEGL, definiu-se dois objetivos. O primeiro foi realizar o levantamento das chuvas convectivas, nos quais verificou-se, pelos parâmetros de duração de chuva e estação do ano, uma ocorrência significativa desse tipo de chuva na região, com média de 78,6% em relação as chuvas com duração maiores que uma hora. Entretanto, para levantamento mais detalhado das chuvas convectivas deve-se, em trabalhos futuros, realizar um estudo das interrelações espaço-temporais dessas chuvas.

O segundo objetivo foi a classificação dos padrões das chuvas, onde a maior ocorrência na BHEGL se deu pelo padrão intermediário com a média de 58,85%, seguido por 24,55% do padrão adiantado e 16,35% do atrasado. A distribuição temporal e espacial da precipitação e a consequente disponibilidade hídrica podem impactar as atividades socioeconômicas, agrícolas e industriais. Dessa forma, torna-se importante a tipificação das chuvas naturais de cada região, para posterior utilização em pesquisa de perdas de solo e de inundações em bacias hidrográficas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABREU, G. F.; SOBRINHA, L. A.; BRANDÃO, J. L. B. Análise da distribuição temporal das chuvas em eventos hidrológicos extremos. *Eng Sanit Ambient*, v.22, n.2, 239-250, 2017.
2. BACK, A.J.; HENN, A. & OLIVEIRA, J.L.R. Heavy rainfall equations for Santa Catarina, Brazil. *R. Bras. Ci. Solo*, 35:2127-2134, 2011.
3. BESKOW, S.; MELLO, C.R.; COELHO, G.; SILVA, A.M. & VIOLA, M.R. Estimativa do escoamento superficial em uma bacia hidrográfica com base em modelagem dinâmica e distribuída. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 33:169-178, 2009.
4. ELTZ, F. L. F.; MEHL, H. U.; REICHERT, J. M. Perdas de solo e água em entressulcos em um argissolo vermelho-amarelo submetido a quatro padrões de chuva. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 25:485-493, 2001.
5. FERREIRA *et al.* Pluviometric patterns in the São Francisco River basin in Minas Gerais, Brazil. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v26, e27, 2021.
6. FISCH, G.; VENDRAME, I. F.; HANAOKA, P. C. M. Variabilidade espacial da chuva durante o experimento LBA/TRMM 1999 na Amazônia. *Acta Amazonica*, v37(4): 583 – 590. 2007.
7. HORNER, W.W. & JENS, S.W. Surface runoff determination from rainfall without using coefficients. *Trans. Am. Soc. Civil Eng.*, 107:1039-1117, 1941.
8. IPCC, 2022. Mudanças Climáticas 2022: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade. Contribuição do Grupo de Trabalho II para o Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas [H.-O. Pörtner, DC Roberts, M. Tignor, ES Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido e Nova York, NY, EUA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.
9. MAIER, É. L. B. *et al.* Precipitação na América do Sul: médias climáticas e padrões da variabilidade no período entre 1979 e 2008. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v09, n01, 2016.
10. MEHL, H. U. *et al.* Caracterização de padrões de chuvas ocorrentes em Santa Maria (RS). *Revista Brasileira de Ciências do Solo*. v. 25, p. 475-483, 2001.
11. MELLO, C. R.; VIOLA, M. R. Mapeamento de chuvas intensas no estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*. v. 37, p. 37-44, 2013.
12. MOURÃO, C. E. F. Estudo numérico da produção de chuvas intensas na região da Serra do mar Paulista. Dissertação (Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE-16681-TDI/1626, São José dos Campos, 2010.
13. NUNES, A. A. Intensity-duration-frequency curves in the municipality of Belo Horizonte from the perspective of non-stationarity. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v26, e29, 2021.
14. PINHEIRO, M. G.; NAGHETTINI, M. Hietograma de Precipitações para a Região Metropolitana de Belo Horizonte - RMBH. In: XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Vitória- ES, volume 2, p. 327/333, 1997.
15. SOARES, A. S. D.; PAZ, A. R.; PICCILLI, D. G. A. Avaliação das estimativas de chuva do satélite TRMM no Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v26, n02, 2016.
16. WEISMAN, M.L.; J.B. KLEMP. Characteristics of isolated convective storms. In: Ray, P.S., ed. *Meso. Meteor. and Forec.*, Boston, American Meteorology Society. P. 331-358, 1986.