

# A Influência dos núcleos de aquecimento nos totais pluviométricos: análise dos períodos chuvosos de 2011-2012 e 2012-2013 no município de Belo Horizonte (MG)

Prof. Dr. Wellington Lopes Assis  
Universidade Federal de Minas Gerais

## Resumo

O objetivo deste estudo foi identificar a influência dos núcleos de aquecimento nos totais pluviométricos em Belo Horizonte (MG) durante os períodos chuvosos 2011-2012 e 2012-2013. Com base nos dados meteorológicos horários, adquiridos em dezoito pontos amostrais distribuídos nas nove regionais do município, foram confeccionados mapas com os acumulados diários e mensais da precipitação. Os sistemas atmosféricos foram identificados utilizando-se a técnica da análise rítmica, subsidiada por imagens de satélite, cartas sinóticas e informações das estações meteorológicas. Os resultados apontaram a influência do relevo na intensificação, modulação e distribuição espacial das precipitações. Os bairros localizados no contato ou nas proximidades do alinhamento topográfico da Serra do Curral/Serra do Rola Moça registraram os maiores totais diários e mensais de chuvas. Entretanto, não foi possível identificar a influência dos núcleos de aquecimento na distribuição espacial e no volume precipitado.

**Palavras-chave:** núcleos de aquecimento, precipitação, Belo Horizonte.

## Abstract:

*The aim of this study was to identify the influence of the heating cores in rainfall totals in Belo Horizonte (MG) during rainy periods 2011-2012 and 2012-2013. Based on hourly data, acquired in eighteen sampling points distributed in the nine regions of the county, a map was made with the accumulated monthly rainfall. The weather systems were identified using the technique of rhythmic analysis, subsidized by satellite images, synoptic maps and information of the weather stations. The results showed the influence of topography on intensification, modulation and spatial distribution of precipitation. Regions located near the Serra do Curral/Serra do Rola Moça recorded the highest total daily and monthly rainfall. However, it was not possible to identify the influence of the heating cores in the spatial distribution and precipitate volume.*

**Key-Words:** : heating cores, precipitation, Belo Horizonte.

assisw@gmail.com

## Introdução

Sobre extensas regiões metropolitanas são criados padrões de circulação atmosférica responsáveis por alterações nas características das precipitações, tanto nos totais acumulados como na distribuição espacial. Essas mudanças variam de acordo com o porte da mancha urbana, com o tipo de uso e ocupação do solo e com o ritmo das atividades desenvolvidas. Porém, nem sempre é possível estabelecer uma relação direta entre urbanização e o aumento no volume precipitado. Fatores como topografia e atuação de sistemas sinóticos influenciam esse parâmetro a ponto de minimizar, ou mesmo anular, os efeitos antrópicos.

Autores como Landsberg (1981), Lowry (1998), Azevedo (2002) e Çiçek e Turkoglu (2005), apontam que o aumento nos totais pluviométricos em áreas urbanas estaria relacionado aos seguintes fatores: a) presença constante de materiais particulados, assegurando uma abundância de núcleos de condensação; b) convecção térmica desencadeada pelas ilhas de calor e núcleos de aquecimento, induzindo uma maior flutuabilidade da parcela de ar; c) turbulência mecânica criada pelo efeito de fricção das edificações sobre o fluxo de ar, auxiliada pela rugosidade da superfície urbana; e d) acréscimo de vapor d'água devido aos vários processos industriais de combustão.

Os eventos pluviométricos extremos recorrentes no verão tropical são responsáveis por grandes transtornos no meio urbano. No município de Belo Horizonte não é diferente, sendo que as condições de irregularidade topográfica do sítio e à atuação de sistemas atmosféricos instáveis, associada à intensa ocupação e impermeabilização do solo, reproduz ano após ano a ocorrência de enchentes, inundações, alagamentos e deslizamentos. Esses problemas são agravados pelo crescimento desordenado da metrópole belo-horizontina, principalmente em regiões com pouca ou nenhuma infraestrutura urbana. No período chuvoso aumenta-se o risco de tragédias para população que ocupa de forma irregular as vertentes da Serra do Curral e os fundos de vales do Ribeirão Arrudas e Córrego do Onça.

O município de Belo Horizonte apresenta padrões de ilhas de calor e núcleos de aquecimento já identificados nos estudos realizados por Assis (2010). Os experimentos de campo realizados por este autor confirmaram as suposições dos modelos teóricos e empíricos que a aglomeração urbana possibilita um maior acúmulo interno de energia em relação às áreas circundantes, sendo um dos principais fatores na elevação da temperatura local e alterações nos valores da umidade relativa e na direção e velocidade dos ventos.

As interferências mais perceptíveis do tecido urbano no desempenho dos parâmetros meteorológicos foram verificadas no período seco e sob atuação de sistemas atmosféricos estáveis, em especial do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e do Anticiclone Subpolar do Atlântico Sul (APAS)<sup>1</sup>. Apesar dos êxitos alcançados por Assis (2010) na identificação e mapeamento dos núcleos de aquecimento e ilhas de calor, a influência desses fenômenos no volume e distribuição espacial das chuvas ainda não foi adequadamente caracterizada para a capital mineira.

Em função do apresentado, esse estudo teve como objetivo analisar a influência do tecido urbano no volume precipitado durante o período chuvoso de 2011-2012 e 2012-2013, identificando as flutuações e os extremos diários das precipitações nas áreas mais aquecidas do município de Belo Horizonte. Esta investigação compreendeu também a análise dos efeitos topográficos e altimétricos na distribuição espacial das chuvas.

<sup>1</sup> O Anticiclone Subpolar do Atlântico Sul (APAS) trata-se do mesmo anticiclone polar migratório do tipo Polar Outbreak High (MARENGO et al., 1997) originado em latitudes subpolares, descrito na literatura para caracterizar advecção de ar frio e acentuada queda de temperatura nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, principalmente durante o outono-inverno. Utilizou-se o termo APAS para diferenciar esse sistema dos anticiclones polares que tem origem no planalto antártico e que não ultrapassam, em situação de normalidade, as regiões de baixas pressões atmosféricas que circundam a zona de convergência antártica.

<sup>2</sup> Disponível em <http://www.inmet.gov.br>

<sup>3</sup> Disponível em <http://www.teleaneel.com.br/index.ph>

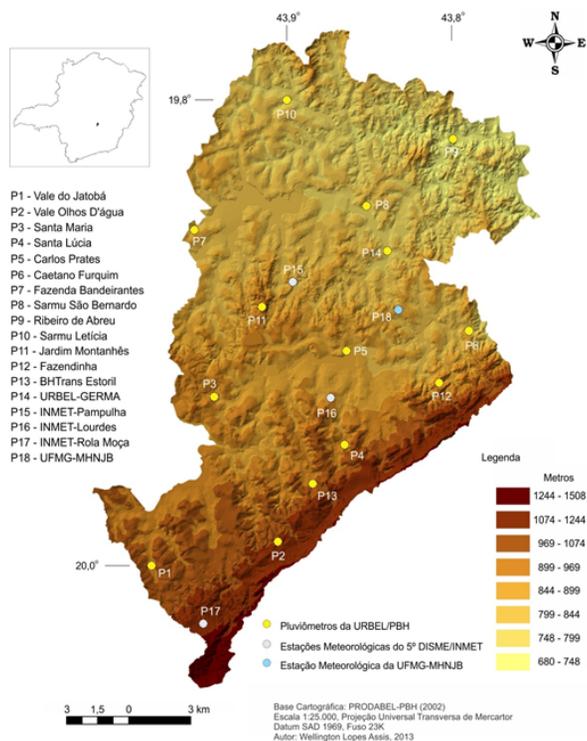
<sup>4</sup> Disponível em <https://www.hobolink.com>

## Materiais e métodos

Para espacializar o volume precipitado, foram utilizados dados horários dos períodos chuvosos de 2011-2012 e 2012-2013 dos seguintes pontos amostrais: três estações meteorológicas pertencentes ao 5º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (5ºDISME/INMET)<sup>2</sup>, uma convencional (P16) e duas automáticas (P15 e P17); quatorze pluviômetros datalogger (P1 à P14) da Companhia Urbanizadora da Prefeitura Municipal Belo Horizonte (URBEL/PBH)<sup>3</sup> e informações da estação automática localizada no Museu de História Natural e Jardim Botânico (MHNJB)<sup>4</sup> da UFMG (P18), totalizando dezoito pontos amostrais (FIG.1). O período chuvoso foi delimitado entre os meses de outubro e março com base no balanço hídrico mensal (FIG.2), calculado a partir dos dados das Normais Climatológicas de 1961 a 1990 (INMET, 2009).

Devido às falhas apresentadas em determinados dias nos pluviômetros da URBEL/PBH, alguns pontos não foram utilizados na confecção dos cartogramas mensais (TAB.1). Entretanto, em função da proximidade desses locais com outras estações meteorológicas e do método de interpolação utilizado, ainda assim foi possível obter a espacialização do acumulado mensal. Todos os dados meteorológicos foram organizados no software Excel em eventos horários, diários e mensais, conforme Assis *et al.* (2013). Como nem todas as estações disponibilizavam as informações de hora em hora, optou-se pelo total acumulado diário como critério de classificação da precipitação.

Figura 1 Localização das estações meteorológicas e pluviométricas no município de Belo Horizonte/MG.



Nesse trabalho definiu-se precipitação intensa como chuva extrema caracterizada pela duração, volume precipitado, e distribuição têmporo-espacial crítica para uma determinada área ou bacia hidrográfica no município. Nesses eventos foram registrados grandes volume de água precipitada, acima de 30mm/hora, causando prejuízos materiais consideráveis. Como exemplo destacam-se as precipita es observadas entre os dias 24 e 25/12/2013 que contribuir m para a ocorrência de alagamentos, inunda es e deslizamentos em diversos pontos da cidade.

Figura 2 Balanço hídrico mensal do município de Belo Horizonte/MG para o período de 1961 a 1990.

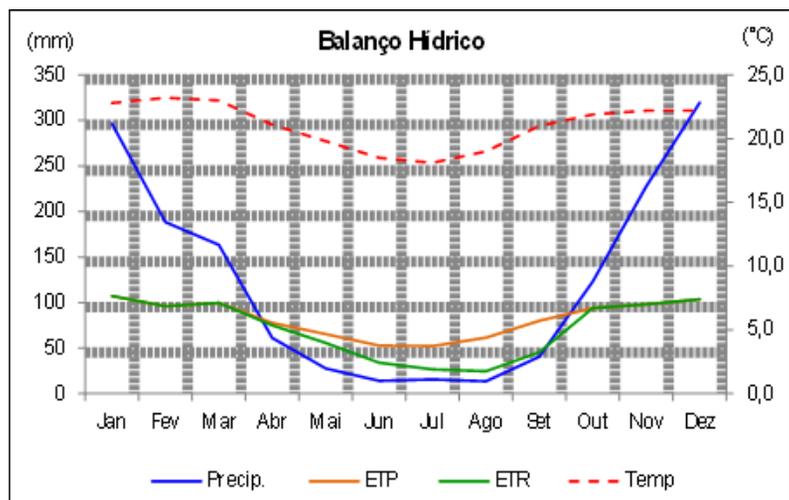


Tabela 1 Pluviômetros que apresentaram falhas

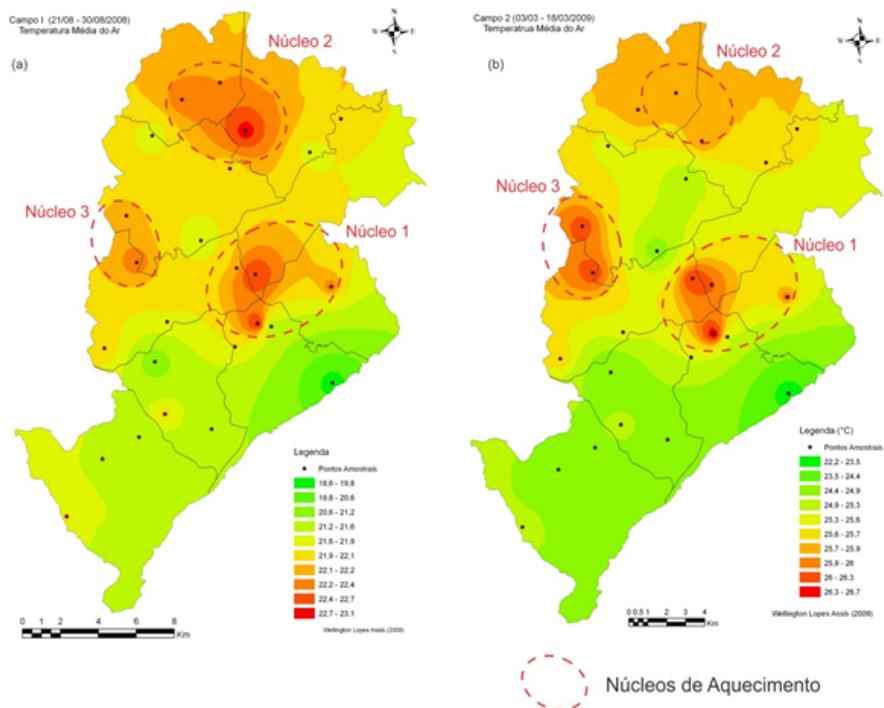
Mês	2011	2012	2013
Jan		P7, P12	P5
Fev		P12, P13	P5
Mar		P12, P13	P5
Out	P10, P11	P5, P6, P10	
Nov	P11	P5, P6, P14	
Dez	P12	P18	
Dados não utilizados			

A base cartográfica utilizada, em especial as informações altmétricas e as divisões administrativas das regionais e bairros, foi elaborada a partir dos dados produzidos pela Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte S.A. (PRODABEL, 2001) e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1979). Utilizaram-se cartas topográficas e plantas cadastrais produzidas por esses órgãos nas escala de 1:25.000 e 1:10.000. Todas as informações encontram-se georreferenciadas em coordenadas planas no sistema de projeção Universal Transverso de Mercator (UTM).

Os cartogramas com a precipitação acumulada mensal foram gerados no software ArcGis 10.2 empregando a ferramenta Geoestatal Analyst. Entre os interpoladores testados, o Radial Basis Functions (RBF) apresentou de forma mais eficaz a distribuição da precipitação no município. Três fatores respaldaram a escolha desse interpolador: as isolinhas geradas nesse modelo são mais suavizadas, seguindo as principais feições topográficas do sítio de Belo Horizonte; a ocorrência de círculos concêntricos (bull eyes) foi minimizada; e não existem falhas na superfície estatística interpolada, sendo a aquela que apresentou menores distorções entre os pontos amostrais.

Foram utilizados os mapas da temperatura média do ar elaborados por Assis (2010) para comparar o volume precipitado com áreas mais aquecidas no município. Entre 2008 e 2009, esse autor identificou três núcleos de aquecimento contínuos e áreas mais arrefecidas durante o período seco (FIG.3a) e período chuvoso (FIG.3b).

Figura 3 Mapas da temperatura média do ar no município de Belo Horizonte durante o período seco (a) e período chuvoso (b).



O primeiro núcleo de aquecimento engloba o hipercentro e os bairros periféricos da região central. O segundo núcleo se estende da região central da Regional Venda Nova até o extremo oeste da Regional Norte. O terceiro núcleo abarca uma pequena área localizada entre as regionais Pampulha e Noroeste. O Parque Municipal e a Praça da Liberdade comportam-se como núcleos frios em meio à região mais urbanizada e verticalizada. Entretanto, os bairros próximos a Serra do Curral e do Parque dos Mangabeiras registram temperaturas mais amenas em relação as demais regiões no município.

A análise diária da sucessão dos tipos de tempo foi realizada tendo como instrumental teórico-metodológico os gráficos de análise rítmica (MONTEIRO, 1971). Como subsídio à interpretação da dinâmica atmosférica utilizou-se as seguintes ferramentas: cartas sinóticas (1000mb) de 00h e 12h UTC elaboradas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), cartas sinóticas de superfície (1000mb) e altitude (250mb) de 00h, 06h, 12h e 18h UTC, modeladas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) e imagens meteorológicas do satélite GOES-12 (Infra 4), disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Dessa forma, foi possível identificar os sistemas atmosféricos que atuaram no município durante o período chuvoso de 2011-2013.

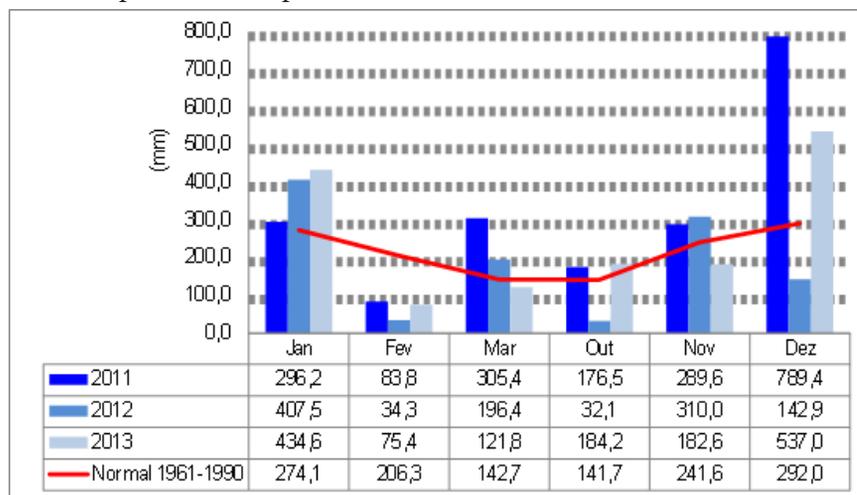
## Análise e discussão dos resultados

Os acumulados pluviométricos mensais registrados nos períodos chuvosos de 2011-2012 e 2012-2013 (FIG.4) foram anômalos em relação às normais climatológicas de 1961 a 1990 (INMET, 2009). Em dezembro de 2011 o município de Belo Horizonte registrou os maiores totais mensais em 100 anos de coleta de dados (789,4mm). Entre os dias 15/12/2011 e 19/12/2011 a maioria dos pontos amostrais registrou mais da metade do total acumulado mensal esperado para o mês de dezembro (ASSIS et al., 2013). As condições atmosféricas para esse mês foram marcadas predominantemente por de tipos de tempo instáveis, caracterizados por elevada nebulosidade e ocorrências de chuvas intensas e generalizadas sobre o todo o tecido urbano.

Segundo o resumo climatológico do 5º Distrito de Meteorologia (INMET, 2013), o início do período chuvoso 2012-2013 apresentou atraso de aproximadamente quinze dias para Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH).

A estação começou com chuvas acima da normal climatológica em determinadas partes da RMBH, principalmente em novembro/2012. Entretanto, o mês de dezembro/2012 apresentou chuvas irregulares e déficit de precipitação registrando o menor acumulado mensal dos últimos 35 anos (142,9mm). As chuvas aumentaram gradativamente ao longo do mês de janeiro/2013, o volume acumulado superou em 138,3mm a normal climatológica. O veranico de fevereiro/2013 afetou a reposição mensal de água no sistema, precipitou somente 75,4mm - bem abaixo da normal climatológica (206,3mm). Por outro lado, as chuvas ocorridas em março/2013 e na primeira quinzena de abril normalizaram as condições hídricas em quase toda a RMBH.

Figura 4 Precipitação acumulada mensal dos períodos chuvosos de 2011-2012 e 2012-2013 para o município de Belo Horizonte/MG.



Em outubro e dezembro de 2013 os acumulados mensais ficaram acima da normal em 42,5mm e 245,0mm respectivamente. Entretanto, novembro registrou somente 182,6mm, 59,0mm abaixo da climatologia.

Os tipos de tempo observados em Belo Horizonte durante os períodos chuvosos de 2011-2012 e 2012-2013 foram intercalados por atuação sistemas atmosféricos estáveis e instáveis, dentre eles destacam-se: Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), Anticiclone Subpolar do Atlântico Sul (APAS), Anticiclone Subpolar do Atlântico Sul Tropicalizado (APAS<sub>t</sub>), Frentes Frias (FF), Frentes Estacionárias (FE), Linhas de Instabilidade (LI), Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) e Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Entretanto, os totais pluviométricos diários mais significativos ocorreram durante a atuação da ZCAS e das LI.

No domínio da ZCAS ocorreram fortes eventos pluviais concentrados que chegam a durar entre 4 e 9 dias, acarretando inúmeros prejuízos às localidades com precária infraestrutura. As regiões consideradas de risco, em especial os bairros localizados nas proximidades da Serra do Curral e aquelas assentadas nos terraços dos ribeirões Arrudas e Onça, foram as mais afetadas por esse sistema. No período em análise os meses de novembro, dezembro e janeiro foram os mais críticos. Infelizmente, houve ocorrências de inundações e deslizamentos com vítimas fatais.

Vale destacar que as Instabilidades Convectivas Locais (ICL) tiveram uma participação importante nas chuvas torrenciais nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março. Essas precipitações tem origem no intenso aquecimento basal nas áreas mais expostas à insolação da depressão periférica belo-horizontina, proporcionando instabilidades convectivas locais. Entretanto, esse aquecimento superficial cobre em extensas áreas da RMBH, muitas vezes superiores aos locais identificados por Assis (2010) no município de Belo Horizonte como núcleos de aquecimento e ilhas de calor (FIG.3). No período em questão, as ICL ocorreram principalmente nos meses de janeiro, fevereiro e março e no interior da massa equatorial continental (mEc).

A análise dos resultados mostrou que a precipitação variou temporal e espacialmente entre os pontos amostrais durante os períodos chuvosos de 2011-2012 e 2012-2013 (FIG.5 e 6). Destaque para os meses de outubro (2012), novembro (2011 e 2012), dezembro (2011), janeiro (2012 e 2013), fevereiro (2012) e março (2013). Ao analisar a distribuição mensal das chuvas com o parâmetro topografia, foi possível observar uma relação entre rugosidade superficial e os totais pluviométricos elevados. Contudo, não foi possível estabelecer uma relação entre essa distribuição e os locais de ocorrência dos núcleos de aquecimentos (FIG.5 e 6). Os maiores acumulados mensais não foram registrados no domínio desses núcleos.

Os pontos amostrais sob a influência direta do alinhamento topográfico Serra do Curral /Serra do Rola Moça (1, 3, 9 e 13 - regionais Centro-Sul, Oeste e Barreiro), apresentaram significativos acumulados diários de chuva nos dois períodos analisados. Entretanto, as figuras 5 e 6 mostram somente os totais mensais. É importante ressaltar que em alguns eventos horários os pontos localizados na Depressão Periférica de Belo Horizonte (4, 6, 7, 11 e 15) registraram intensas precipitações, principalmente na atuação da ZCAS e das Linhas de Instabilidades.

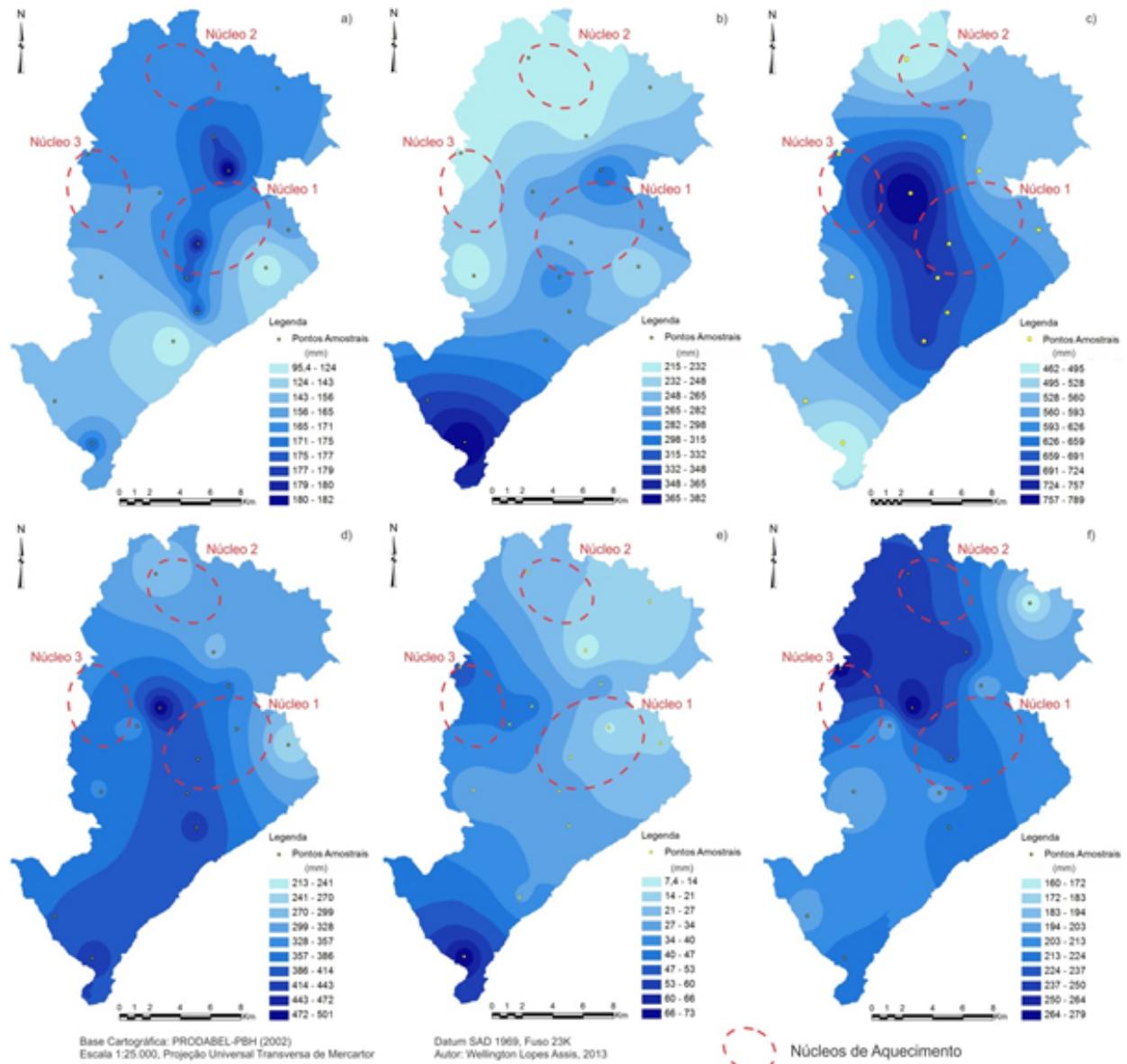
Entre outubro e novembro de 2011 (FIG. 5a e 5b) os maiores totais mensais foram registrados no contato da Depressão Periférica de Belo Horizonte com as serras do Quadrilátero Ferrífero, destaque para os pontos 14 (181,8mm /Out.2011) e 17 (381,8mm/Nov.2011). Esses locais possuem uma elevada rugosidade superficial e estão distantes dos núcleos de aquecimentos apresentados na figura 3.

Em dezembro de 2011 (FIG.5c) e janeiro de 2012 (FIG.5d) as regionais Pampulha e Noroeste e as regionais Centro-Sul e Barreiro, assentadas em grande parte em colinas e escarpas de média a alta declividade, apresentaram acumulados mensais muito acima da normal climatológica – ponto 15 (789,4mm/Dez), 16 (720,0mm/Dez) e 18 (501,0mm/Jan). As condições de tempo e os sistemas atmosféricos observados nesses meses apresentaram instabilidades e fortes chuvas torrenciais no final da tarde e início da noite.

Apesar dos pontos 15, 16 e 17 se situarem entre os núcleos de aquecimento 1 e 3, não é possível afirmar que esse elevado acumulado mensal foi proporcionado pelo aumento na convecção térmica induzida por esses núcleos. Outras estações meteorológicas que estão localizadas em áreas pouco urbanizadas da RMBH também registraram elevados totais pluviométricos em dezembro de 2011, destaque para a estação automática do município de Florestal (783,2mm).

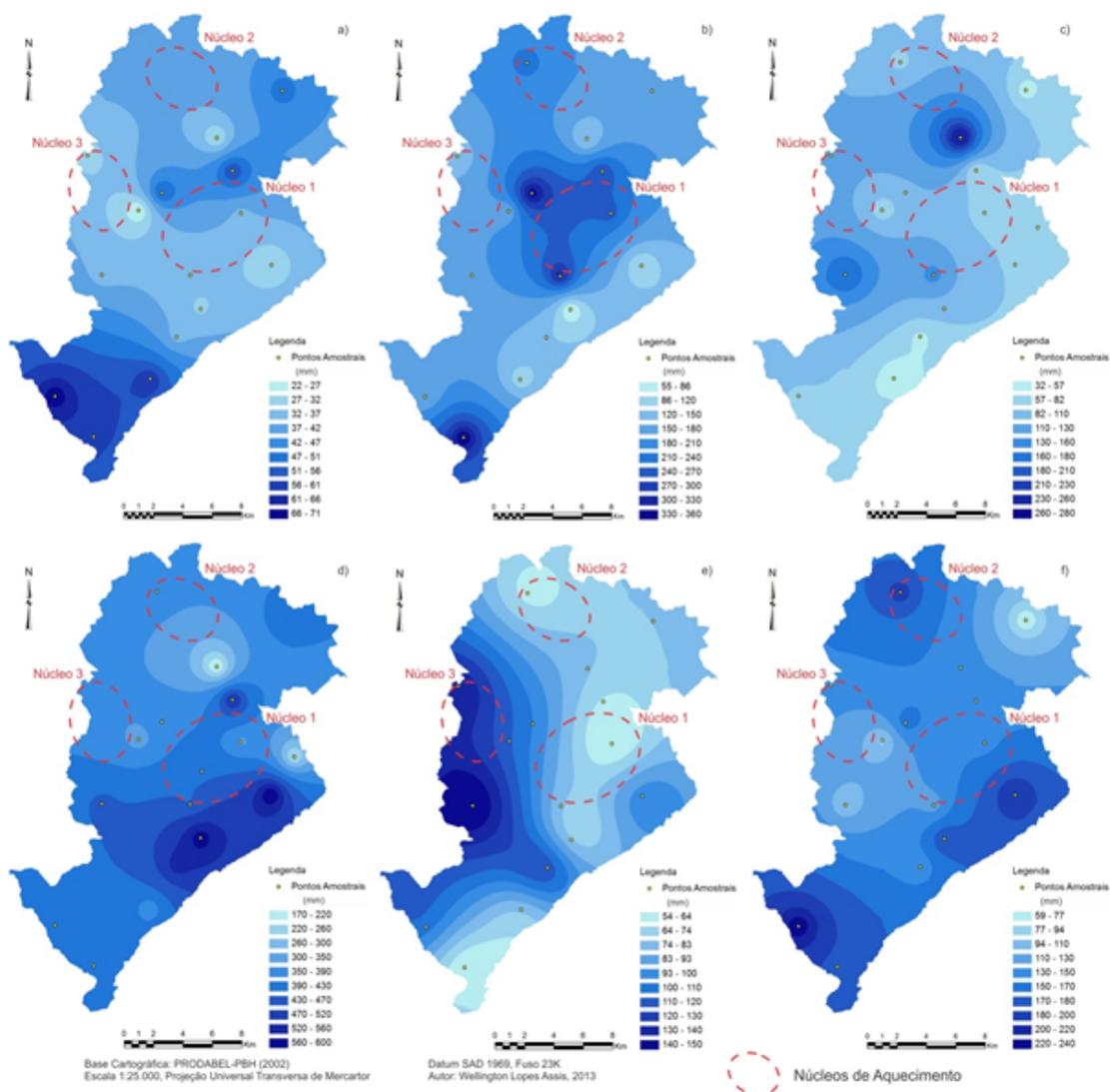
Figura 5

Distribuição espacial da precipitação no município de Belo Horizonte durante o período chuvoso 2011-2012: Out./2011 (a), Nov./2011 (b), Dez./2011 (c), Jan./2012 (d), Fev./2012 (e) e Mar./2012 (f).



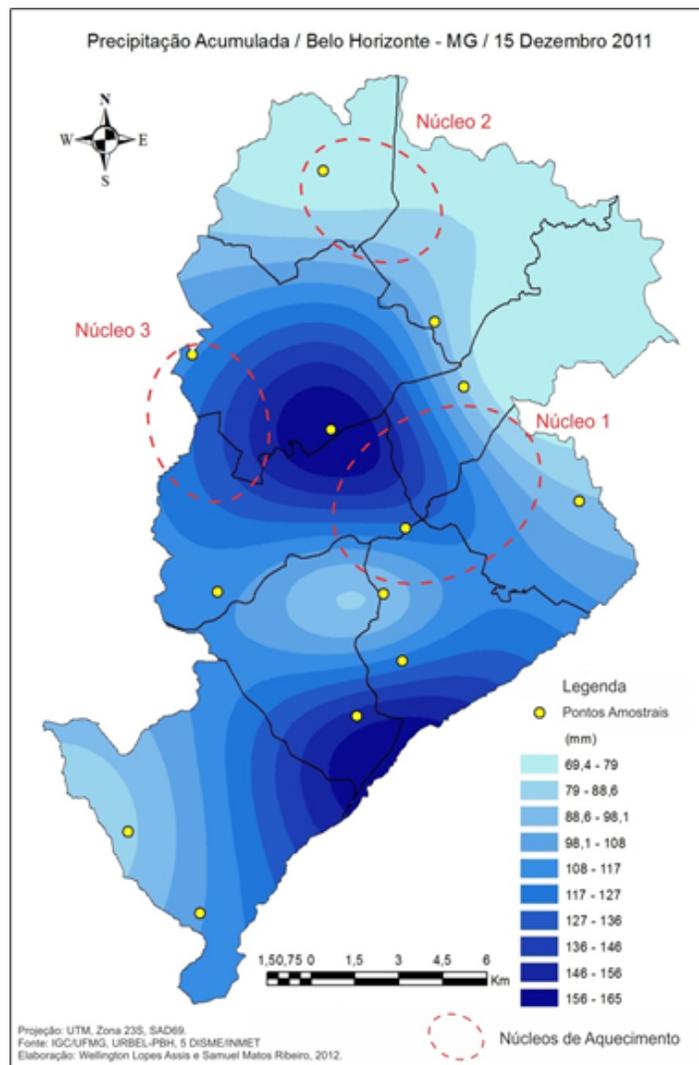
O dia 15 de dezembro de 2011 destacou-se dos demais em função do elevado volume de chuva acumulado em 24 horas. Das dezoito estações utilizadas nesse estudo, sete registraram valores superiores a 100mm (FIG.7). Dentre esses destacam-se aos pontos 15 (165,2mm), 9 (149,8mm), 5 (124,2mm), 4 (121,0mm), 7 (115,2mm), 3 (110,6mm) e 17 (106,8mm). Todos localizados no domínio da Serra do Curral, exceto os pontos 7 e 15. Essa quantidade expressiva de chuvas resultou em um elevado número de ocorrências registradas pela Defesa Civil, fatos amplamente divulgados pela imprensa. As ocorrências mais frequentes estavam relacionadas a inundações, alagamentos e deslizamentos.

Figura 6 Distribuição espacial da precipitação no município de Belo Horizonte durante o período chuvoso 2012-2013: Out./2012 (a), Nov./2012 (b), Dez./2012 (c), Jan./2013 (d), Fev./2013 (e) e Mar./2013 (f).



Em fevereiro de 2012 (FIG. 5e) todos os pontos amostrais tiveram acumulados mensais bem abaixo da normal climatológica (188,4mm), o maior valor foi registrado no ponto 17 (73,0mm). Essa escassez pluviométrica foi determinada pela presença do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul que atou fortemente em todo o mês, intensificando o veranico.

Figura 7 Precipitação acumulada diária em 15 dezembro de 2011.



Em março de 2012 houve um ligeiro aumento nos totais pluviométricos pontuais em relação a normal, 35mm em média. As precipitações foram principalmente de caráter convectivo e se concentraram nas regionais Pampulha e Venda Nova (FIG.5f). A topografia e a orientação das vertentes nessas regionais facilitam o intenso aquecimento superficial nos dias mais claros. Essa porção do município possui um relevo mais suavizado e com pouca obstrução a chegada efetiva da radiação solar. A presença da Lagoa da Pampulha também é outro fator que contribui para o aumento da instabilidade atmosférica local, existe um aporte constante de umidade para a camada laminar.

Nos meses de outubro e novembro de 2012 (FIG. 6a e 6b) os maiores totais mensais foram registrados na regional Barreiro no contato com a Serra do Rola Moça, e na regional Pampulha, nas proximidades da Estação Ecológica da UFMG - destaque para os pontos 1 (70,8mm / Out.2012), 17 (360,6mm/Nov.2012) e 16 (345,8mm/Nov.2012). A CEDEC (2013) registrou entre os dias 4 e 15 de novembro vários pontos de alagamentos no município, queda de árvores, desabamentos parciais de muros e cinco vítimas fatais.

Dezembro de 2012 foi marcado por precipitações bem abaixo da normal climatológica (292,0mm). O motivo foi a participação de sistemas atmosféricos estáveis sob influência do ASAS. O maior acumulado para esse mês foi registrado no ponto 8 (281,8mm), regional Norte, e o menor no ponto 2 (32,0mm), porção nordeste da regional Barreiro (FIG.6c). Esses pontos estão distantes dos núcleos de aquecimento apresentados na figura 3.

Em janeiro de 2013 houve um aumento significativo nos totais mensais, destaque para os pontos 12 (602,0mm) e 4 (587,2mm) ambos localizados no contato com a Serra do Curral (FIG.6d). A CEDEC (2013) registrou nos dias 07 e 20 de janeiro ocorrências de alagamentos em diversas avenidas e ruas nas regionais Oeste, Leste e Noroeste. Veículos foram arrastados pela força das águas e algumas famílias ficaram temporariamente isoladas. Apesar dos transtornos e prejuízos materiais, não foram registrados óbitos.

Em fevereiro de 2013 todos os pontos amostrais tiveram acumulados mensais abaixo da climatologia, o maior valor foi observado no ponto 3 (150,6mm) localizado na regional Noroeste (FIG.6e). Esse comportamento foi determinado pela presença constante do ASAS em 82,1% dos dias. As três primeiras semanas de março (2013) foram marcadas pelo prolongamento do veranico que teve início no mês anterior. Precipitações mais intensas ocorreram somente na última semana do mês. Novamente, os totais pluviométricos mais significativos em março de 2013 foram registrados em locais próximos a Serra do Curral e distantes dos núcleos de aquecimento (FIG.6f).

De modo geral, nos dias em que as precipitações no município foram de baixa intensidade, ocasionadas essencialmente por instabilidades locais (ILC), os totais diários acumulados nas estações climatológicas oficiais (pontos 15, 16 e 17) superaram em poucos milímetros alguns pontos da área de estudo. Já nos eventos de grande intensidade, característicos de forte instabilidade convectiva e atuação de sistemas sinóticos (ZCAS, LI e FF), os totais pluviométricos nos pontos sob a influência direta do alinhamento topográfico Serra do Curral/Serra do Rola Moça (1, 3, 9 e 13) foram superiores. As regiões consideradas de risco, em especial as encostas e aquelas assentadas nos terraços dos ribeirões Arrudas e Onça, foram as mais afetadas pelas chuvas.

A porção leste das regionais Barreiro, Oeste e Centro-Sul, possuem feições topográficas e morfológicas que favorecem a intensificação das instabilidades atmosféricas e aumento dos totais precipitados. O relevo é bastante irregular, apresentando variações altimétricas de 860m a 1240m em distâncias lineares inferiores a 800m. Somando-se a essas características, o tecido urbano aumenta a rugosidade superficial pela presença de edificações com número elevado de pavimentos. Nos últimos anos essas regionais passaram por profundas modificações no uso e ocupação do solo. Houve acréscimo significativo de habitações acima de dez andares e intensa impermeabilização da superfície com capeamento asfáltico. Apesar dessas alterações no tecido urbano, ainda não foi possível verificar a influência dos núcleos de aquecimento no aumento dos totais pluviométricos diários e mensais no município de Belo Horizonte.

### Considerações Finais

Os resultados aqui expostos não esgotam a discussão sobre a influência dos núcleos de aquecimento na pluviometria do município de Belo Horizonte, pois este trabalho analisa somente os períodos chuvosos de 2011-2012 e 2012-2013. No entanto, eles permitem extrair algumas considerações sobre a distribuição espacial da precipitação no tecido urbano.

Ficou evidente a influência do relevo na intensificação, modulação e distribuição espacial das precipitações. Os bairros localizados no contato ou nas proximidades do alinhamento topográfico Serra do Curral/Serra do Rola Moça registraram os maiores totais diários (24h) e mensais de chuvas. Exceção a esse comportamento foi observada em alguns eventos horários nos pontos 15 e 18, localizados na Depressão Periférica de Belo Horizonte, sob influência de instabilidades convectivas locais. Entretanto, não foi possível comprovar a influência dos núcleos de aquecimentos e das ilhas de calor na pluviometria conforme apontam os trabalhos de Landsberg (1981), Lowry (1998), Azevedo (2002) e Çiçek e Turkoglu (2005). Em locais com baixo grau de urbanização e impermeabilização do solo no município, o acumulado diário e mensal foi superior aos registrados no domínio ou nas proximidades desses núcleos. Conjectura-se que a intensidade atual e a pequena extensão espacial desses bolsões de calor não sejam suficientes para induzir ou fortalecer a convecção térmica ao ponto de aumentar o volume precipitado.

Os maiores acumulados diários da precipitação foram observados na atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul e das Linhas de Instabilidades, resultando em diversas ocorrências registradas pelos órgãos de defesa civil (estadual e municipal). A partir da apreciação dos casos mais significativos, escolhidos entre aqueles que maiores prejuízos trouxeram para os cidadãos, principalmente para a população em situação social e econômica vulnerável, evidenciou-se o aumento de alagamentos e inundações nas proximidades de avenidas e ruas localizadas em antigos terraços e fundo de vale. Um número significativo desses locais, hoje impermeabilizados, foi ocupado irregularmente.

Com base nos resultados apresentados, reforça-se a necessidade de realização de novos estudos para determinar a real influência da urbanização na volumetria e distribuição espacial das chuvas no município de Belo Horizonte. O entendimento dos processos climáticos que afetam a vida nos grandes aglomerados urbanos deve merecer atenção dos gestores públicos. Essa afirmativa é válida tanto à situação presente quanto no que diz respeito à predição e ao planejamento, visando atenuar os impactos decorrentes dos eventos meteorológicos extremos.

## Agradecimentos

À Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais pelo auxílio à pesquisa denominada “Caracterização dos sistemas atmosféricos responsáveis por deslizamentos e enchentes no município de Belo Horizonte – MG”, Edital nº 12/2011 e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pelos dados atmosféricos disponibilizados através do convênio nº D05/081/2008.

## Referências Bibliográficas

- ASSIS, W. L. O sistema clima urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva têmporo-espacial. 2010. 299f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- ASSIS, W. L., PARIZZI, M. G.; RIBEIRO, S. M. Identificação dos sistemas atmosféricos responsáveis por inundações e deslizamentos no município de Belo Horizonte: análise dos períodos chuvosos de 2011-2012 e 2012-2013. *Geografias*, v.9, n.2, p.38-55, 2013.
- AZEVEDO, T. R. Distribuição espacial da ocorrência dos maiores totais diários de precipitação na RMSP e arredores em função da intensidade relativa da atividade urbana. GEOUSP – Espaço e Tempo, São Paulo, n.12, p.89-104. 2002.
- ÇIÇEK, I; TURKOGLU, N. Urban effects on precipitation in Ankara. *Atmósfera*. Unam, v.18, n.3, p.173-187. 2005.
- COORDENADORIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL DE MINAS GERAIS – CEDEC. Boletim diário com das ocorrências registradas no município de Belo Horizonte (MG) para os anos de 2011, 2012 e 2013. Disponível em: <<http://www.defesacivil.mg.gov.br>>. Acesso em: 10 abr. 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Carta topográfica de Belo Horizonte. Rio de Janeiro, 1979. Escala 1:25.000, folha SE-23-Z-C-VI-3-A.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990 / Organizadores: Andrea Malheiros Ramos, Luiz André Rodrigues dos Santos, Lauro Tadeu Guimarães Fortes - Brasília. INMET, 2009. 465p.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Resumo climatológico do período chuvoso 2012-2013 / Organizadora: Anete – Belo Horizonte, 5º Distrito de Meteorologia, Seção de Análise e Previsão do Tempo, 2013. 4p.
- LANDSBERG, H. E. The urban heat island. In: *The urban climate*. v.28. New York: Academic Press, 1981. 275p.
- LOWRY, W. P. Urban effects on precipitation amount. *Progress in Physical Geography*. London, v. 22, n. 4, p.447-520, 1998.
- MARENGO, J.; CORNEJO, A.; SATYAMURTY P.; NOBRE, C.; SEA, W. Cold surges in the tropical and extratropical South America - The strong event in June 1994. *Mon. Wea. Rev.*, 125:2759-2786, 1997.
- MONTEIRO, C. A. F. Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo, Série Climatologia Dinâmica I, USP-IG, 1971, 21 p.
- PRODABEL. Base topográfica digital do município de Belo Horizonte. Belo Horizonte, 2001: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Escala 1:5.000.
- THIELEN, J.; GADIAN, A. Influence of Topography and Urban Heat Island Effects on the Outbreak of Convective Storms Under Unstable Meteorological Conditions: a Numerical Study. *Meteorological Applications*. v.4, p.139-149, 1997.