

## **Influência da impermeabilização no ciclo hidrológico da cidade de Belo Horizonte, MG**

### *Influence of waterproofing in hydrological cycle the city of Belo Horizonte, MG*

Marco Túlio Serreti; Ricardo Cristiano Martins; Profa. Fabiana Alves

Centro Universitário Metodista Izabela

#### **resumo**

Com o acelerado desenvolvimento urbano e industrial de Belo Horizonte/MG investindo em infraestrutura e habitações, gerou-se um dano ambiental proporcional ao índice de crescimento urbano da cidade. Este trabalho apresenta as possíveis alterações no ciclo hidrológico, relacionado temperatura e precipitação com a finalidade de gerar processos de controle minimizando o impacto das intervenções urbanas. Os dados coletados em sites governamentais foram tabelados possibilitando a análise das alterações da temperatura e precipitação. Após análise, verificou-se um aumento de 3°C na temperatura do município que afeta diretamente nas ilhas de calor causada pela não infiltração da radiação infravermelha solar no solo impermeabilizado afetando diretamente toda a população.

**Palavras chave:** Ciclo Hidrológico; Temperatura; Precipitação.

#### **abstract**

In the current panorama of urban development in Belo Horizonte / MG, with the gradual urban and industrial development in the state capital to the long of years, such as investment in infrastructure and housing has generated a commensurate environmental damage at the municipal development index. Especially affecting the atmosphere, as the formation of heat islands and the mischaracterization of the pattern of historical rainfall affecting the region and deregulating the hydrological cycle. The temperature variation causes discomfort the population can generate low moisture content of the air may cause air diseases also accentuates the drought deregulating periods of precipitation and the frequency and amount of rainfall on site.

**Keywords:** Water Cycle; Temperatur; Precipitation.

#### **Introdução**

Desde a Revolução Industrial o mundo sofreu alterações, como por exemplo, o aumento do consumismo oriundo do capitalismo. Bem como o aumento das atividades de caça, pecuária, desmatamento, agricultura, etc., incrementaram a degradação

ambiental em escala mundial, e a quantidade e variedades de resíduos lançados no meio ambiente passaram a ser cada vez maiores (TOMMASI, 1994).

Pereira e Brito (2012) relatam que, conseqüentemente, houve um aumento no volume de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, ocasionando diversas alterações ambientais como: aquecimento global, poluição dos recursos hídricos, enchentes e aumento do escoamento.

Os mesmos autores afirmam que, devido à poluição ambiental, ocorrem evidências de possíveis mudanças climáticas que podem afetar significativamente o planeta, especialmente nos extremos climáticos, com maior rigor nos países menos desenvolvidos na região tropical.

As conseqüências sobre as alterações ocasionadas no ciclo hidrológico são muitas e, segundo Marengo *et al.* (2009), existem evidências de que eventos extremos como secas, enchentes, ondas de calor e de frio, furacões e tempestades, têm afetado diferentes partes do planeta e produzido enormes perdas econômicas.

Marengo *et al.* (2009) relatam que existem fatores que influenciam diretamente no ciclo hídrico, e um desses fatores é a impermeabilização dos solos, que gera menos infiltração, aumento do escoamento superficial e podem provocar enchentes, ilhas de calor, entre outros fenômenos.

Segundo Paz (2004), o ciclo hidrológico é condicionado pelas características locais, como clima, relevo, tipo de solo, uso e ocupação do solo, geologia, tipo de cobertura vegetal, rede hidrográfica, etc.

Bispo *et al.* (2011) afirmam que a impermeabilização impede com que haja infiltração da água no solo aumentando picos de cheia e diminuindo a manutenção dos lençóis freáticos, reduzindo assim a disponibilidade de água nos períodos de baixa precipitação. Magalhães Filho (2006) relata que a pavimentação de rodovias em Belo Horizonte deu-se em meados da década de 60 quando se iniciaram as obras de infraestrutura (ruas, avenidas e edificações) da capital mineira. Devida a essa intervenção urbana, foram feitas impermeabilizações do solo e também a cobertura e retificações de vários córregos.

O plano diretor que define o uso e ocupação do solo de Belo Horizonte é embasado pela LEI Nº 7.166, DE 27 DE AGOSTO DE 1996, que regulamenta e organiza a urbanização do município para que não haja crescimento desordenado da (BELO HORIZONTE, 1996). Segundo Schueler (1994) *apud* Huergo (2012), área impermeável é a soma das vias, estacionamentos, calçadas, telhados e outras superfícies impermeáveis do cenário urbano.

Segundo Borsagli (2011), Belo Horizonte conta com 700 km de córregos, sendo que duzentos quilômetros estão canalizados e o restante corre em leito aberto na malha urbana ou estão em áreas de proteção ambiental. Bispo *et al.* (2011) afirmam que toda essa ocupação irregular diminui relevantemente as áreas permeáveis que possibilitam a infiltração da chuva no solo. Durante a precipitação, a água acumula em pontos, não infiltrando no solo, ocasionando alagamentos e enchentes. A impermeabilização também gera alterações na temperatura da cidade, levando à formação de ilhas de calor que provocam danos à saúde e ao bem-estar da população e meio ambiente.

Desta maneira fazem-se necessários estudos sobre possíveis alterações no ciclo hidrológico em grandes cidades como Belo Horizonte, devido ao acelerado e descontrolado crescimento urbano, para que sejam geradas ferramentas para possíveis intervenções imediatas e futuras para um controle eficiente da taxa de impermeabilização do solo.

## Referencial teórico

### Hidrologia

Conforme Collischonn e Tassi (2008), a ciência que estuda as águas do globo terrestre é a hidrologia, desde as circulações, distribuições e propriedades físicas e químicas, bem como a interação com o meio ambiente, sem excluir os seres vivos e as águas no subsolo. Pinto *et al.* (1978) acrescentam que a importância desse estudo é de grande compreensão considerando que a água tem uma grande influência na vida humana na Terra.

Paz (2004) define as etapas do ciclo hidrológico iniciando-se pela evaporação da água dos oceanos. Este vapor sobe até se agrupar na atmosfera formando nuvens, que começam a saturar e as águas contidas nesta camada de ar se precipitam, podendo ser em forma de chuva, neve ou granizo.

Ainda segundo o mesmo autor, chegando ao solo uma parte desta água se perde ao longo de todo o percurso de queda, outra parte fica nas vegetações e a maior porcentagem percola na superfície do solo em direção aos lagos, rios entre outros. Grande parte deste escoamento infiltra no solo, carregando os aquíferos que conduzem esta água pelo lençol freático em direção aos corpos de água, concluindo todo o ciclo hídrico que é constante e ininterrupto.

Segundo Collischonn e Tassi (2008), na proporção do globo terrestre, o ciclo hidrológico é bem restrito podendo haver alguns subciclos, como por exemplo, a água que escoar após a precipitação sobre o solo e faz todo o seu percurso até um afluente, sendo que durante seu percurso algumas partes dessa água podem evaporar e condensar novamente neste período de tempo até chegar ao destino final.

Paz (2004) acredita ainda que existam duas fases do ciclo hídrico de principais relevâncias que são: a precipitação e evaporação, levando em consideração todo o volume de água que é comportado neste trajeto cíclico. Ou seja, se houver diminuição na proporção desta avaliação para estes dois processos e não para todas as etapas presentes no ciclo hidrológico, elas tornam-se muito importantes por serem os principais agentes do processo da chuva. Para o autor, o escoamento processa-se pela ação da gravidade, então, em terrenos íngremes a tendência é que ocorra menos retenção de água e em terrenos planos, haverá uma maior proporção de acúmulo de água, que facilitará a infiltração dessa água no solo.

Mendonça e Danni-Oliveira (2011) afirmam que somente a formação de nuvens não significa que haverá precipitação, a condensação e sublimação são apenas o início do processo de precipitação e dependem de outros fatores atmosféricos para que precipite. Acrescentam que a rapidez do processo de evaporação depende de várias situações, sendo as principais: temperatura, velocidade e umidade relativa do ar. A redução da umidade é uma das principais causas da elevação da temperatura do ambiente.

### **Urbanização da Cidade de Belo Horizonte**

Magalhães Filho (2006) conta que, em meados dos anos 40, o município de Belo Horizonte, em Minas Gerais, iniciou a modernização da infraestrutura urbana de toda a capital. Já nos anos 50, a modernização deu-se nas indústrias. O município começou a acolher e criar seu complexo industrial e implantou sua concessionária de luz, Companhia de Energia de Minas Gerais (CEMIG), além de receber a sua primeira empresa de TV. Os anos 60 foram marcados pelo crescimento de Belo Horizonte em caráter urbanístico, com construções de grande porte. As consequências vieram acompanhadas do crescimento pelo qual passava a cidade.

Ainda segundo o mesmo autor, muitas árvores foram cortadas, houve demolições de casarões e edificações antigas além de grande parte do solo ser impermeabilizado com asfalto para garantir o conforto e acessibilidade durante os transportes. Ao final desta década com todas essas ocorrências, surgiram os aglomerados, que contribuiu para o desequilíbrio e comprovou o crescimento desordenado da região.

Nos anos 70, Belo Horizonte continuava crescendo aceleradamente e chegou a ultrapassar um milhão de habitantes. Com isso nos anos 80, a degradação ambiental e a desigualdade social começaram a gerar preocupações para o município que estava em constante desenvolvimento. A partir dos anos 90 a solução para tentar resolver esse crescimento desordenado, Belo horizonte implantou o plano diretor de uso e ocupação do solo, a fim de regulamentar e ordenar o crescimento da capital (MAGALHÃES FILHO, 2006).

### **Intervenções Urbanas e suas consequências**

Assis (2011) define que a atmosfera que sobrepõe às metrópoles é um estrato natural que altera conforme as iniciativas pela urbanização, mesmo que os atuais estudos do ambiente urbano tradicionalmente enfatizam só os impactos sobre o solo e subsolo, esquecendo-se das alterações da atmosfera podemos citar o gradual aumento de temperatura.

Mendonça e Danni-Oliveira (2011) afirmam como sendo um dos principais agentes do aquecimento do ar o efeito estufa, que é um fenômeno natural da atmosfera. Esse fenômeno se dá pela relação das matérias presentes na Troposfera interagidas com a energia liberada pelo solo, ao resfriar-se. Os mesmos autores completam que o efeito estufa barra a perda dos raios solares que são quando re-irradiados pelo solo em direção ao espaço, aumentam gradualmente a temperatura do ar na região mantendo a troposfera aquecida. Grostein (2001) contextualiza que o grande crescimento acelerado e desordenado da urbanização traz como contrapartida problemas ambientais, dentre eles erosão, desmatamento, poluição das águas e do ar.

Hall (1984) acrescenta que esse crescimento das áreas alteradas pela urbanização acaba transformando, desequilibrando e descaracterizando todo o sistema hídrico desta região. No estudo referente ao Município de Belo Horizonte esse gradual aumento das áreas urbanizadas vem gerando graves consequências ao meio ambiente e um dos principais problemas gerados com essas intervenções foi o aumento dos períodos de inundações.

Reis (2011) acrescenta que essas intervenções impactam no ciclo hidrológico, agindo diretamente nos volumes de água absorvidos pelo solo, pois acabam escoados pela superfície e com isso a evaporação dessa água é em maior quantidade. Essas intervenções trazem grande diminuição da quantidade de água que é infiltrada no solo e que ocasionam a diminuição da evaporação e o aumento do escoamento superficial.

### **Impermeabilizações do solo**

Segundo Ferreira, Sampaio e Silva (2005), a construção civil em si (edificações, estradas, etc.) resulta na impermeabilização do solo, causando vários impactos ambientais, como por exemplo, o aumento do escoamento e rebaixamento do lençol freático. Este aumento de escoamento, juntamente com o assoreamento, causa diversos danos, como inundações, prejuízos sociais e econômicos.

Bispo *et al.* (2011) afirmam que a impermeabilização do solo impede que haja a infiltração de água, aumentando as erosões devido o escoamento superficial minimizando a carga dos solos e reduzindo a disponibilidade da água em períodos de baixa incidência de chuva.

Segundo Felipe e Junior (2009), um dos principais fatores que vem impactando a cidade de Belo Horizonte é o aumento da impermeabilização do solo, que também tem como consequência a desertificação e destruição das nascentes, seja por obras irregulares ou irresponsabilidade dos construtores.

Para Felipe e Junior (2009), as nascentes são de extrema importância para manter o equilíbrio hidrológico do ambiente, porém em locais urbanos, onde são severamente alteradas, essas nascentes acabam sendo aterradas ou drenadas.

Assis (2010) relata que o acelerado processo de impermeabilização e também a verticalização em paralelo com as peculiaridades dos fatores geocológicos da região, aumentam gradativamente as condições adversas da qualidade de vida dos habitantes.

### **Consequências da impermeabilização no aquecimento atmosférico**

Assis (2012) relata que, no hipercentro de Belo Horizonte, o calor acumulado ao longo do dia nas áreas com construções é liberado lentamente durante a noite, deixando o resfriamento lento. Essas edificações dificultam a infiltração dos raios solares no solo e a reflexão energética que segue em direção ao espaço é minimizada. Esse processo possibilita a formação das ilhas de calor.

Já para Torres e Machado (2011), o raio solar pode ser absorvido pela superfície terrestre em forma de água ou solo, por isso o ar contido na atmosfera não é aquecido diretamente pela radiação solar que passa por ela até chegar ao chão e sim pela reflexão destes raios ao tocarem a superfície.

Mendonça e Danni-Oliveira (2011) explicam que o ar sobre o solo esquenta de modo diferente do que sobre a água. Quando o raio solar incide sobre o meio aquoso, o ar é resfriado mais lentamente do que comparado ao ar do solo, ocasionado pela diferente taxa de absorção dos raios pelas superfícies.

O montante de radiação do sol e a insolação que é direcionada a superfície, varia com algumas premissas, como estações do ano, dia ou noite e latitude (RETALLACK, 1977).

## **Consequências da impermeabilização na urbanização**

Tucci e Collischonn (2000) acreditam que, quando uma área é urbanizada, inicialmente ocorre um intenso revolvimento do solo, que geralmente causam elevadas taxas de erosão. Com o passar do tempo o solo começa a ser impermeabilizado e assim descaracterizando o ciclo hidrológico natural daquele local.

Já para Mendonça e Danni-Oliveira (2011), a concentração de água no ar, está ligada diretamente as fases do ciclo hidrológico. Eles ainda explicam que a sociedade moderna está ciente que está alterando significativamente a composição e a temperatura do ar devido ao desequilíbrio do ambiente causado pela crescente urbanização.

É fácil perceber que o ciclo hidrológico é condicionado pela característica do local, como por exemplo, clima, relevo, solo, uso e ocupação, geologia, cobertura vegetal e rede hidrográfica (PAZ, 2004). De acordo com Tucci (2009), a impermeabilização é uma das principais causas das inundações e deslizamentos em áreas urbanas, porque as áreas verdes são diminuídas gradualmente, reduzindo a propensão de infiltração de água na terra, aumentando consideravelmente a quantidade e a velocidades de água que percola pela superfície do solo.

Reis (2011) conclui que as impermeabilizações diminuem consideravelmente as taxas de infiltração de água nos solos e rochas. A canalização e retificação dos rios também alteram o ciclo hidrológico, além da invasão de áreas ribeirinhas. Essas áreas se tornam de risco causando prejuízos humanos e materiais. O autor ainda afirma que o escoamento superficial é mais frequente com o aumento das chuvas.

Nucci (1999) relata que toda a água que precipita em forma de chuva sobre uma cidade, é conduzida pelo sistema de drenagem urbana daquele município até chegar aos corpos hídricos, entretanto estes sistemas não conseguem acomodar toda essa água, pela limitação da seção das galerias, podendo ocasionar problemas como assoreamento das tubulações de drenagem e acumulação de sedimentos como resíduos sólidos que travam o fluxo livre por gravidade desta água que foi drenada dificultando o seu trajeto até o afluente.

Bispo et al. (2011) definiram que uma das causas das enchentes numa determinada região e causada principalmente por precipitações que ocorrem sobre uma bacia hidrográfica bem como em todo o seu trajeto do leito do rio que, ao receber a sobrecarga pluvial extrapola o seu limite. O curso do rio conseqüentemente aumenta sua vazão, que altera o volume escoado bem como a altura do escoamento (a distância da

lâmina d'água para com o solo) que afeta diretamente na velocidade do escoamento do fluido deixando-o lento e encharcando toda a região ao redor do afluente.

## **METODOLOGIA**

### ***Caracterização da pesquisa***

Foi realizada uma revisão da literatura em sites científicos e governamentais, utilizando como palavras-chave o ciclo hidrológico, a impermeabilização e o uso e ocupação do solo. Foram examinados trabalhos publicados em inglês, espanhol e português no período de 1961 a 2015. Após a análise da literatura, citaram-se as principais etapas do ciclo hidrológico, assim como, as alterações que a impermeabilização do solo gera no mesmo.

Dentre as alterações ocasionadas no ciclo hidrológico pelo processo de impermeabilização do solo, optou-se por dissertar sobre as alterações relacionadas principalmente à temperatura e precipitação, que afetam diretamente na qualidade de vida da população.

### **Instrumentos de Coleta**

Os dados pluviométricos e de temperatura foram coletados em sites especializados, como o da Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), banco de dados da estação meteorológica de observação de superfície automática de Belo horizonte situada na região da Pampulha (A521) e Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig). Em seguida, foram relacionadas às principais legislações sobre o uso e ocupação do solo homologadas de 1961 a 2015, dentre outras informações de evolução em sua urbanização, infraestrutura e habitação.

### **Análise de dados**

Foi realizada uma análise quantitativa da progressão da impermeabilização do solo de Belo Horizonte durante o período avaliado, utilizando mapas e gráficos coletados em sites de gerenciadoras das obras de pavimentação de Belo Horizonte durante o período em questão.

Posteriormente, os dados analisados foram tabulados no programa Microsoft Office Excel (USA) e apresentados na forma de tabelas e gráficos. Quando necessário para análise técnica da variância dos dados para comparar as amostras numéricas e seus

resultados do cálculo dos valores médios, será avaliada a significância dos dados através do *Testet* ou *One Way ANOVA*.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a análise dos dados relacionados à precipitação coletados do banco de dados da Estação Meteorológica de observação de superfície automática da Pampulha (A521) em Belo Horizonte/MG no período de 1961 a 2015, foi possível verificar que a média de precipitação acumulada neste período variou de 1375,8 mm a 1527,9 mm (Tabela 1). Foi possível verificar que houve uma redução de incidência de chuva durante a década de 1981 a 1990, provavelmente ocasionada por que o período de maior crescimento urbano no município foi na década de 80, com o aumento das intervenções urbanas e o forte investimento em infraestrutura, como obras de mobilidade urbana, edificações habitacionais, industriais e comerciais como, por exemplo, arranha-céus de enorme altura verticalizando toda a capital mineira. Essas benfeitorias quando executadas sem o devido estudo de impactos ambientais descaracterizam e desregulam todo o habitat da região, afetando toda a população principalmente na temperatura (ilhas de calor) e na precipitação (estiagem).

Hall (1984) concorda que a alteração das áreas pela urbanização transforma, desequilibra e descaracteriza todo o sistema hídrico de uma região, gerando graves consequências como estiagem ou inundações.

Tabela 1 - Cálculo de média de precipitação por década do município de Belo Horizonte/MG

Períodos	Precipitação acumulada (mm)	Média de Precipitação (mm)
1961 a 1970	1375,8	137,58
1971 a 1980	1984,9	198,49
1981 a 1990*	1048,7	104,87
1991 a 2000	1870,5	187,05
2001 a 2010	1869,2	186,92
2010 a 2015**	1527,9	152,79

Fonte: Elaborado pelos autores

Notas: \* Período tem anos sem referência de dados no sistema do INMET e não entraram no cálculo (1980/84/85 e 86).

\*\* 2015 foram avaliados dados até o mês de agosto.

Com base nos dados de urbanização da Região Sudeste do Brasil, foi possível verificar que houve um aumento de 35,95 % da taxa de expansão urbana do período compreendido entre o ano de 1960 a 2010 (Tabela 2).

Tabela 2 - Taxa de Urbanização na Região sudeste do Brasil

Década	Taxa de Urbanização (%)
1960	57
1970	72,68
1980	82,81
1990	88,02
2000	90,52
2010	92,95

Fonte: IBGE, censo demográfico 1961-2010.

Após a tabulação dos dados da taxa de urbanização da Região Sudeste, onde se encontra o município de Belo Horizonte/MG, também foi analisada a variação de temperatura da capital mineira durante o período estudado (Tabela 3).

Tabela 3 - Cálculo de média de temperatura nas décadas

Períodos	Média (°C)
1961 a 1970	23,98
1971 a 1980	27,36
1981 a 1990*	26,83
1991 a 2000	26,76
2001 a 2010	27,25
2010 a 2015**	26,35

Fonte: Elaborado pelos autores

Notas: \* Período tem anos sem referência de dados no sistema do INMET e não entraram no cálculo (1980/84/85 e 86).

\*\* 2015 foram avaliados dados até o mês de agosto.

Analisando a taxa de urbanização (Tabela 2), a cidade teve um acelerado crescimento a partir de 1961 que foi causado principalmente pelo “boom” dos investimentos públicos em obras de infraestrutura e habitação, que se estabilizou somente após 1996, freada pela implantação do Plano Diretor do Município de Belo

Horizonte. Tal plano foi um instrumento que controlou e ordenou a ocupação e o uso do solo urbano no município, padronizando e adequando os projetos e obras na região.

Nucci (1999) relata que toda cidade que tem sua taxa de desenvolvimento crescente, tem a predisposição de aumentar proporcionalmente a sua taxa de impermeabilização do solo, proporcionando a maior propensão de seus problemas se tornarem crônico.

A Tabela de Precipitação (Tabela 1) demonstra que a frequência de precipitação não segue um padrão predefinido, tendo os valores de precipitação de acordo uma variação radical picos de alta e de baixa, tal variação caracteriza que o ciclo hídrico está desregular e oscilando entre décadas muito ou pouco chuvosas. Entre os anos 1960 a 1990, demonstrou-se a queda do volume de precipitação em Belo Horizonte. Pode-se relacionar esta baixa com o período em que a cidade teve seu maior crescimento urbano, ou seja, a intervenção ao ambiente estava em processo, toda a climatologia e ciclo hidrológico da região estavam sendo alterados pelo homem, com grandes obras de infraestrutura como pavimentação e arranha céus.

Segundo Ferreira, Sampaio e Silva (2005), a intervenção urbana aumenta a impermeabilização do solo, causando vários impactos ambientais, como o aumento do escoamento superficial, assoreamento do sistema de drenagem por resíduos sólidos causando diversos danos, como inundações, prejuízos sociais e econômicos.

Tabela 4 - Projeção década 2010 -2020

Ano	Precipitação acumulada anual (mm)	Média mensal de precipitação (mm)
2010	1700,50	141,71
2011	2026,20	168,85
2012	1335,50	111,29
2013	1573,00	131,08
2014	944,10	78,68
2015*	797,60	61,35

Fonte: INMET, 1961-2015\*\*

Já nos anos 1990 a 2010 o volume de precipitação tendeu a recuperar o foi perdido nas décadas anteriores, a frequência e o volume de precipitação tiveram um aumento considerável. Relacionando esse aumento com a taxa de urbanização pode-se

constatar que neste período de 1990 a 2010 o crescimento urbano foi de 4,83%, com uma variação menor comparada aos anos de maior desenvolvimento urbano entre 1960 a 1990 que foi de 31,02%.

Avaliando a Tabela 4 com os últimos 5 anos de dados disponíveis da década de 2010 a 2020, relacionando estes dados coletados no INMET, pode-se fazer uma projeção de perspectiva da incidência de precipitação até 2020 no Município de Belo Horizonte/MG. Com essa análise dos dados demonstrados, conclui-se que tendência do volume de precipitação seja menor, mesmo com a média da década até agosto/15 sendo 18,25% menos que a década anterior, pois em 5 anos de análise choveu uma taxa menos demonstrando um drástica queda no volume de precipitação exceto em 2011 que bateu 2022,20 mm. Como a média anual de chuva em Belo Horizonte gira em torno de 1500 mm/ano em 2014 e em 2015 houve um déficit considerável de precipitação.

Analisando a tabela de temperatura (Tabela 3) pode-se afirmar que o município de Belo Horizonte teve um aumento considerável em sua temperatura ao longo dos anos em estudo, dando um salto dos 24 graus Celsius em 1961, para 27 graus Celsius em 1980, um aumento de 3 graus Celsius em apenas 19 anos de avaliação, justamente durante o período de maior intervenção urbana em Belo Horizonte/MG, demonstrados pela maior variação da taxa de urbanização (Tabela 2). Este aumento afeta diretamente na temperatura máxima das ilhas de calor da região, já após os anos 80 a variação térmica tendeu a se estabilizar entre os 26 a 27 graus Celsius.

Assis (2012) confirma que, no município de Belo Horizonte, as edificações que verticalizam toda a cidade dificultam a infiltração dos raios infravermelhos solares no solo e a reflexão energética que segue em direção ao espaço é minimizada. Esse processo possibilita a formação das ilhas de calor.

Tabela 5 - Projeção década 2010 -2020

Ano	Temperatura acumulada (°C)	Mês	Média anual de temperatura (°C)
2010	331,02	12	27,59
2011	320,02	12	26,67
2012	330,76	12	27,56
2013	328,42	12	27,37
2014	252,16	12	21,01
2015	134,06	6	22,34

Fonte: INMET, 1961-2015\*\*

Mendonça e Danni-Oliveira (2011) concordam que a concentração de umidade do ar está relacionada diretamente com a temperatura do ambiente, que é desequilibrado pela crescente urbanização e verticalização que altera significativamente as temperaturas mínima e máxima podendo abaixar a umidade relativa do ar na região. Analisando separadamente os últimos 5 anos da década de 2010-2020 do período estudado, pode-se fazer uma previsão de oscilação da temperatura média do município de Belo Horizonte/MG a partir dos dados disponíveis no INMET até agosto de 2015 (Tabela 5). Relacionando a Tabela 5 com a taxa de urbanização deste período (Tabela 2) que teve queda comparada com os últimos mesmo sendo crescente, pode-se concluir que a temperatura média tenderá a se estabilizar nos 27 graus Celsius durante os últimos Cinco anos que completam a década podendo oscilar entre 26,5 a 27,5 graus Celsius.

### **Considerações finais**

Foi possível concluir, através dos estudos demonstrados nesta pesquisa, que o crescimento desordenado em habitações e infraestrutura do município de Belo Horizonte em Minas Gerais durante 1961 a 1996, que foi quando o primeiro Plano Diretor do município foi implantando impactou consideravelmente o ambiente da cidade, desde a oscilação de precipitação com picos de alta e baixa incidência de chuvas, além do aumento do período de estiagem.

A temperatura teve um aumento considerável de 3 graus Celsius durante o período de maior intervenção urbana da cidade, o aumento afeta diretamente nas ilhas de calor aumentando a sua temperatura máxima devido a não infiltração da radiação infravermelha solar no solo impermeabilizado que são reirradiadas pelo pavimento asfáltico ou edificações aumentando a circulação e concentração dos raios no ambiente aquecendo ar atmosférico, podendo ocasionar baixa umidade relativa do ar, sensação térmica elevada podendo gerar desconforto e propensão de doenças respiratórias na população local.

A proposta mais viável para a melhoria da qualidade de vida o cidadão de Belo Horizonte/MG, seria a preservação das áreas verdes do município, transformando-as em áreas de preservação ambiental, para que diminua os efeitos das ilhas de calor.

Incentivar o conceito da compensação ambiental para todas as intervenções urbanas com plantio de árvores novas na cidade, espécies com a característica apropriada do solo e habitat da cidade. Ao longo de avenidas e ruas construir praças e

parques arborizados, estas árvores diminuem a incidência da radiação solar naquele ponto, e já de sua copa reirradia os raios de volta a atmosfera preservando aquele ambiente em uma temperatura agradável. As árvores captam a água do subsolo pelas raízes e a evaporam por meio de estruturas microscópicas localizadas nas folhas deixando assim o ambiente mais úmido e fresco aumentando a umidade do ar.

Outros pontos que poderiam ser estudados, mesmo tendo impacto maior na economia seria, a descanalização dos rios e seus afluentes fazendo com que o rio possa seguir seu próprio leito natural com suas respectivas curvas e infiltração, diminuindo o número de enchentes. Pode-se citar a implantação de bacias de contenção de cheias a montante de áreas críticas, funcionando como vertedores-extravasores em momentos de grande volume de precipitação.

## REFERÊNCIAS

ASSIS; A. **O clima urbano de Belo Horizonte, análise têmporo-espaial do campo térmico e hígrico**. 17F.: Belo Horizonte 2010.

ASSIS, R. et al. Eventos pluviométricos extremos ocorridos no município de Belo Horizonte em dezembro de 2011. **Revista GEONORTE**, Belo Horizonte, v. 01, nº 5, p. 1177 - 1188, 2012.

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal. Lei nº 7.166, de 27 de agosto de 1996. Estabelece normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano no município. **Diário Oficial do Município de Belo Horizonte**. Belo Horizonte, v. 1, n. 1. p. 25-37, 27/ago/1996.

BISPO, T. C; LEVINO, N. A. Impactos ambientais decorrentes do uso e ocupação desordenada do solo: um estudo da região da periferia de Maceió/AL. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31, 2011, BELO HORIZONTE. **Anais...** Maceió: ABEPRO, 2011. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011\\_tn\\_sto\\_143\\_901\\_18402.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_sto_143_901_18402.pdf)>

BORSAGLI, A. O. Vale do Córrego do Leitão em Belo Horizonte: Contribuições da cartografia para a compreensão da sua ocupação. **1º Simpósio Brasileiro de Cartografia Histórica**. Paraty, 2011. Disponível em: <[http://www.ufmg.br/rededemuseus/crch/simposio/BORSAGLI\\_ALESSANDRO.pdf](http://www.ufmg.br/rededemuseus/crch/simposio/BORSAGLI_ALESSANDRO.pdf). > Acesso em: 22 abr. 2015.

COLLISCHONN, W; TASSI, R. **Introduzindo Hidrologia**. Porto Alegre: UFRGS/ABHR, 2011. 151 p.

FELIPPE, M. F; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Consequências da ocupação urbana na dinâmica das nascentes em Belo Horizonte - MG. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE MIGRAÇÕES, 6. 2009, BELO HORIZONTE. **Anais...** Belo Horizonte: ABEP,

2010. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/1501/976>>. Acesso em 06 de abr. 2015.

FERREIRA, D. F.; SAMPAIO, F. E.; SILVA, R. V. C. **Impactos sócio-ambientais provocados pelas ocupações irregulares em áreas de interesse ambiental – Goiânia/GO.** 2005. 9 f. Dissertação (Pós-Graduação em Gestão Ambiental) – Universidade Católica de Goiás, 2005. Disponível em: <<http://www2.ucg.br/nupenge/pdf/0004.pdf>>. Acesso em: 09 de mai.2015

GROSTEIN, M. D. Metrópole e expansão urbana: a persistência de processos “insustentáveis”. São Paulo em Perspectiva, jan./mar. 2001, vol.15, no.1, p.13-19. In: Efetividade do Planejamento Urbano e Regional: a Cidade Planejada e a Cidade Real. III Encontro da ANPPAS 23 a 26 de maio de 2006. Brasília – DF

HALL, M. J. **Urban Hydrology**, 310f. London: Elsevier Applied Science, 1984.

HUERGO, M. C. C. **Avaliação das condições de impermeabilização urbana:** estudo de caso no bairro centro cívico – Curitiba – Paraná. 2012. 61 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: <[http://www.prppg.ufpr.br/ppgcc/files/dissertacoes/d0165.pdf](http://www.prppg.ufpr.br/ppgcc/sites/www.prppg.ufpr.br/ppgcc/files/dissertacoes/d0165.pdf)>. Acesso em: 09 mai. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa.** Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 01 set. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de Dados. séries histórias e estatísticas.** Disponível em <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=POP122>>. Acesso em: 01 set. 2015.

MAGALHÃES FILHO, L.C.A. **Ilha de calor urbana, metodologia para mensuração:** Belo horizonte, uma análise exploratória. 2006. 145 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <[http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/TratInfEspacial\\_MagalhaesFilhoLC\\_1.pdf](http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/TratInfEspacial_MagalhaesFilhoLC_1.pdf)>. Acesso em: 13 abr. 2015.

MARENGO, J. A.; SCHAEFFER, R.; PINTO, H. S.; ZEE, D. M. W. **Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil.** Rio de Janeiro: FBDS, 2009.

MENDONÇA, F; DANNI-OLIVEIRA, I. **Climatologia:** noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

NUCCI, J.C.; **Análise sistêmica do ambiente urbano, adensamento e qualidade ambiental,** Artigo publicado na revista PUC SP, Ciências Biológicas e do Ambiente, São Paulo, v.1, n.1, p. 73-88, 1999.

PAZ, A. R. **Apostila de Hidrologia aplicada.** Caxias do sul. 2004. (Apostila da disciplina para o curso de graduação em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia na

unidade de Caxias do Sul - Universidade Federal do Rio Grande do Sul). 69 f. Disponível em: <[http://www.ct.ufpb.br/~adrianorpaz/artigos/apostila\\_HIDROLOGIA\\_APLICADA\\_UERGS.pdf](http://www.ct.ufpb.br/~adrianorpaz/artigos/apostila_HIDROLOGIA_APLICADA_UERGS.pdf)>. Acesso em: 29 mar. 2015.

PEREIRA, P, S; BRITO, A, M. **Controle Ambiental**. 2012. Ceará: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, 2012.

PINTO, N; HOLTZ, A; MARTINS, J; GOMIDE, F. **Hidrologia Básica**. São Paulo: Edgard Blücher. 1978.

REIS, P. – **O escoamento superficial como condicionante de inundações em Belo Horizonte, MG. Estudo de caso da sub-bacia córrego do leitão, bacia do ribeirão arrudas**. 2011. 74 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

RESTALLACK, B. J. **Notas de treinamento para a formação do pessoal meteorológico classe IV**. Brasília: DNMET/MMA, 1977. 154p.

TOMMASI, L. R. **Estudo de impacto ambiental**. São Paulo: CETESB/Terragraph Artes e Informática, 1994.

TORRES, F; MACHADO, P. **Introdução a Climatologia**. São Paulo: Cengage, 2011.

TUCCI, C.E.M. (Org.). **Hidrologia. Ciências e aplicação**. Porto Alegre: ABRH: EDUSP, 1993. 943 p.

TUCCI, C.E.M. **Aspectos Institucionais no controle de Inundações**. I. Seminário de recursos, Brasília, 2009.