

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As variações no clima de um local para outro, determinadas por uma série de combinações ambientais, tanto bióticas como abióticas, produzem, correspondentemente, uma variedade de tipos climáticos. Para VIANELLO e ALVES (1991) uma certa região, sobre qual os efeitos combinados de diversos fatores que resultam em um conjunto de condições climáticas ditas homogêneas, é denominada região climática.

Para a caracterização climática de uma região, é necessário o conhecimento do comportamento de grandezas físicas denominadas elementos climáticos como temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento, direção do vento, insolação, precipitação entre outros, que se dá através de levantamento de dados em um período médio de tempo. Segundo a Organização Meteorológica Mundial – OMM (1994), clima é um estado médio do tempo, calculado normalmente com período de mais de 30 anos de informações. Portanto, clima refere-se às características da atmosfera inferida de observações contínuas em um período de tempo longo. Aliado a estes elementos, outros intervêm neste complexo campo como os fatores climáticos que segundo MARQUES (1972) “*são os agentes, que determinam, em cada ponto, o regime vigente para cada elemento*” como: altitude, vegetação, massas de ar, continentalidade etc...”

Segundo LUCIO et al (1998), que estudou séries climatológicas para Belo Horizonte, as condições climáticas de uma região são determinadas por uma série de fatores que atuando de forma combinada, irão dotá-la de características peculiares. Torna-se necessário avaliar, individualmente estes fatores para que se obtenha uma completa compreensão da dinâmica do clima local da região em estudo. Os autores ainda chamam a atenção para a possibilidade do regime termo-climático de uma certa região ser afetada por variações atmosféricas remotas como o fenômeno ENOS encontrados em PHILANDER (1990), ABREU et al (1998), REIS et al (1999), MOREIRA (1999), ELLIOTT (2001), MINUZZI, (2003)

Portanto, o clima ocupa uma posição importante para o amplo campo das ciências ambientais como afirma AYOADE (2002), “*os processos atmosféricos influenciam os processos nas outras partes do ambiente, principalmente na biosfera, hidrosfera e litosfera*”. Desta forma todas as outras partes do ambiente influenciarão e serão influenciados pelo clima

As preocupações relacionadas ao clima vêm de longa data, mas os estudos relacionados a clima urbano se intensificaram após a 2ª Guerra Mundial, com a crescente urbanização e o surgimento de inúmeras indústrias. O clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização. O enfoque atual do clima urbano concentra-se na contaminação da atmosfera e nas alterações sobre a qualidade do ar, o conforto térmico e as inundações urbanas.

MONTEIRO (2003), uma referência nos estudos das cidades no Brasil, procurou focalizar o clima dos centros urbanos sob uma ótica integradora e conjuntiva. Para o autor “*a cidade é o lugar de mais efetiva interação entre o homem e a natureza*”. Segundo o autor, confirmado por ASSIS (2001), um dos principais métodos utilizados para estudos de clima urbano é o de caráter termodinâmico, que, através de comparações destes valores térmicos procura identificar suas variações no tempo e no espaço.

No entanto, os componentes do clima urbano não se restringem aos de caráter térmicos, o sistema é complexo e contém articulações relacionadas aos aspectos físico-químicos e ainda aos impactos hidrometeorológico que se relacionam mais com o perfil deste estudo.

A atividade humana, o grande número de veículos, indústrias, prédios, o asfalto nas ruas e a diminuição das áreas verdes podem criar mudanças muito profundas na atmosfera local, modificando também a temperatura e as chuvas de determinada região, contribuindo, num círculo vicioso, para o acirramento de vários problemas como as enchentes. Segundo BEZERRA e BRANDÃO (1997), a concentração de poluentes cria condições para alterar o comportamento da baixa troposfera (camada limite), em ambientes urbanos. Os autores

ainda afirmam que isso muda as condições da superfície natural, alterando, por exemplo, as condições térmicas, fluxos de umidade e sistema de circulação do vento.

Os elementos mais afetados são a umidade e a temperatura do ar, o que acarreta no surgimento de “ilhas de calor” e inundações em locais de clima tropical. Não somente estes fatores, são formadores do clima urbano, mas a intensidade do adensamento urbano, e a localização geográfica da cidade influenciam na sua formação. (MENDONÇA 1996).

Ainda segundo o autor, a cidade tem formas complexas como prédios e ruas, que alteram tanto a quantidade de calor absorvido pela região como a direção e a velocidade dos ventos. Materiais impermeáveis como asfalto e concreto fazem a água da chuva evaporar do solo rapidamente, reduzindo o resfriamento. As partículas lançadas na atmosfera pelos carros e indústrias propiciam o aumento da quantidade de nuvens e conseqüentemente de chuvas.

Estes fatores ocorrem em diferentes regiões e dependendo da sua área de atuação provocam mais, ou menos danos ao meio ambiente e conseqüentemente ao homem. A seguir serão discutidos alguns estudos relacionados ao clima urbano, realizados em diversas regiões do país e quais os principais elementos e características que o acompanham.

2.1. O CLIMA E AS CIDADES

Conforme LOMBARDO (1985), a problemática ambiental nas metrópoles com inter-relações complexas de seus componentes (o homem, construções, solo, água, flora e fauna) exige uma investigação maior e mais completa por parte dos especialistas. ABREU et al. (1998) citam que o processo de urbanização acelerado proporciona alterações climáticas em nível local, que na maioria dos casos não foram acompanhadas por estudos técnicos que avaliassem as possíveis modificações no meio ambiente citadino.

O entendimento dos processos ambientais pressupõe um destaque aos aspectos climáticos tanto em relação à predição quanto ao planejamento. Isso porque os aspectos climáticos e sua variabilidade estão diretamente ligados à qualidade de vida. A redução de áreas verdes e o rápido escoamento das águas causadas pelas modificações da superfície alteram a infiltração e a evaporação e conseqüentemente há uma diminuição do resfriamento do ar junto à superfície. Tais modificações associadas à atividade industrial, ao complexo viário e habitações contribuem para o aumento da energia térmica no núcleo urbano. As áreas urbanas e metropolitanas são as mais atingidas pelas alterações, porque correspondem a segmentos da superfície mais intensamente transformados.

Através de estudo realizado por COSTA e MATTOS (1998), para verificar a existência de “ilha de calor” urbano na cidade de Belém, foi observado que a grande influência da estrutura citadina no comportamento térmico da cidade vem contribuindo para a ocorrência do fenômeno de aquecimento bem definido na grande maioria dos bairros estudados.

Ainda segundo os autores, a grande variação térmica sazonal deve-se, basicamente, ao grande aumento da nebulosidade e das precipitações pluviais durante a época chuvosa, tornando os contrastes térmicos entre os diferentes ambientes urbanos estudados, praticamente desprezíveis.

SILVA et al (1998), em estudo realizado para a cidade do Rio de Janeiro associam a intensificação da precipitação, em torno de 5 a 10%, com a urbanização, devido ao ar quente ascendente e o aumento dos núcleos de condensação, entretanto, as poucas estações existentes e o curto período analisado, sendo este com três eventos de El Niño e um de La Niña, dificultam a identificação das conseqüências geradas pelo clima urbano, que fora destes fenômenos naturais podem ser mais ou menos intensas.

Os autores ainda citam que o núcleo máximo de chuva ocorre na estação do Alto da Boa Vista, localizada no maciço da Tijuca, diminuindo em direção ao litoral e aumentando novamente para o interior nas zonas oeste e norte onde existe maior instabilidade, fato este que evidencia também a influência orográfica.

Através de um estudo realizado no período de seis anos no bairro Maracanã, também na cidade do Rio de Janeiro, por BEZERERA e BRANDÃO (1997) para analisar o espaço sob a ótica climática, chegou-se à conclusão de que durante este período a média anual pluviométrica foi de 1286 mm. O ano de 1996 foi o mais chuvoso da série, 1444 mm (11% acima da média do período), apresentando a maior umidade relativa (70,8%), enquanto em 1993 foi o menos chuvoso, com 1183 mm (8% abaixo da média) e umidade relativa do ar de 69,8 %.

Em conseqüência do calor intenso, dependendo da época do ano e região, há sempre um risco de chuva forte sobre a cidade podendo causar vários transtornos sócio-econômicos. Neste estudo, BEZERERA e BRANDÃO (1997) indicaram este fato, pois os dias mais quentes do ano coincidiram com os de maior índice pluviométrico.

Por fim, as autoras chegaram à conclusão de que as agressões que o homem impõe a natureza provocam inúmeras catástrofes, afetando a saúde e o bem-estar sócio-econômico da população, além da perda de inúmeras vidas humanas. Portanto, é necessário que ocorra a ação permanente e eficaz do poder público, com propostas concretas de soluções para os

principais problemas ambientais que prejudicam a natureza e conseqüentemente a população.

GONÇALVES (2003), através da realização de um estudo da cidade de Salvador, com o objetivo de verificar os impactos pluviais e a organização do espaço urbano, constatou que a característica da pluviosidade demonstrou um aumento de 14,9% das médias anuais entre os anos de 1930 e 1989, comparados com os períodos anteriores, bem como dos aguaceiros com intensidades superiores a 40 mm em 24 horas, sem evidências, entretanto, de um aumento do número de dias de chuva, revelando a influência das atividades urbanas, já que não se tem verificado modificações no comportamento da atmosfera.

A autora ainda afirma que a análise diacrônica revelou que os eventos pluviais têm acompanhado o processo de expansão urbana, isto é, tem aumentado concomitantemente com a incorporação de novos espaços ocupados, sobretudo em áreas consideradas de risco, numa prova evidente da falta de sintonia entre a ação antropogênica e as leis da natureza, afetando preferencialmente, a camada da população menos favorecida.

2.2 DISTRIBUIÇÃO DAS CHUVAS E COLETA DE DADOS

Quando se pretende estudar as precipitações de um determinado lugar uma das preocupações é o tamanho da área a ser monitorada e qual a densidade da rede pluviométrica inserida neste espaço. Segundo a OMM, Organização Meteorológica Mundial (1994), um pluviômetro tem representatividade em uma área de 50 km², ou seja, os dados coletados em um pluviômetro podem ser utilizados para representar uma região deste tamanho. Porém, em se tratando de regiões com topografia marcante, com acidentes geográficos significativos, com grandes elevações ou mesmo vales profundos, estes dados podem ficar comprometidos.

Entretanto, ainda não foi possível afirmar com grande precisão qual o padrão a adotar em termos de densidade pluviométrica para uma região e até quantos pluviômetros são realmente necessários para monitoramento de determinados lugares. Apenas já é claro que todo lugar terá densidades diferentes, pois a sua Geografia e os objetivos propostos serão base para a determinação do tamanho ideal da rede pluviométrica além da complexidade dos sistemas atmosféricos atuantes.

A expansão de uma rede de pluviômetros pode melhorar muito o controle das águas sobre uma cidade. Entretanto, existe um outro fator a se levar em conta, a coleta de dados. Estações convencionais, como a maioria no Brasil, vão depender da disponibilidade de um profissional com requisitos mínimos e de seu compromisso em coletar estes dados todos os dias nos horários propostos. Estações telemétricas são de grande utilidade nos dias de hoje, pois além de proporcionarem dados mais confiáveis e contínuos dispensam mão de obra e agilizam o processamento de grande volume de informações.

Uma rede com maior número de pluviômetros, pode proporcionar programas de análise de consistência nos dados como afirmado por CAMARGO et al (2005). Os dados, tanto os ausentes como os inconsistentes, podem ser estimados com base em outras estações próximas através de programas estatísticos que verificam a variabilidade espacial e temporal dos dados meteorológicos.

Diversos estudos vêm sendo desenvolvidos no sentido de melhor compreender o comportamento das chuvas no tempo e no espaço, seja em relação ao contexto urbano ou sob o aspecto da circulação de macro escala da atmosfera em várias regiões brasileiras, principalmente nas grandes metrópoles. A seguir são apresentados alguns destes estudos:

Em um estudo desenvolvido por OLIVEIRA et al (1998) sobre a caracterização preliminar das chuvas intensas na cidade de São Paulo, chegou-se à conclusão de que os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, são considerados os mais críticos com maior incidência de eventos para toda a cidade, sendo que o período de ocorrência das chuvas intensas é maior à tarde e à noite. As causas destas chuvas intensas podem ter como fator de influência o clima urbano, uma vez que é alta a quantidade de material suspenso, ou seja, a poluição, além da alta temperatura do ar, o que favorece a intensificação da formação das chuvas. Ressalta-se também a influência da topografia local, maritimidade e de fenômenos sinóticos de larga escala com constatado a seguir.

SALVADOR (2004) em um trabalho para analisar as chuvas extremas em Alagoas, utilizou como período de estudo o mês de janeiro do ano de 2004, tendo como ferramenta as médias históricas do mês, e as imagens de satélite e dados globais de temperatura da superfície do mar (TSM). O autor tinha a necessidade de identificar os sistemas atmosféricos que proporcionam chuvas intensas na região, que chegou a atingir 500 mm, fato este verificado no mês em que os estudos foram realizados, isto é, em janeiro de 2004. O autor constatou que este período foi atípico no que se refere à precipitação, apresentando totais muito acima

das medias históricas dos postos pluviométricos observados, com anomalias da ordem de até 100%. Tal atipicidade foi decorrente, principalmente, da ação concomitante de três sistemas de grande escala, sendo eles, frentes frias, que se deslocou até o Sul da Bahia, deslocamento da ZCIT mais ao sul e por fim a formação de um VCAN sobre o Atlântico (Vórtice Ciclônico em Altos Níveis).

Conforme ASSUNÇÃO e SOARES (2000), o conhecimento da distribuição pluviométrica de uma região tanto no tempo quanto no espaço, e seu adequado dimensionamento como, quanto, onde e quando ocorrem, é importante não somente para planejar a época do plantio e colheita, mas também para os trabalhos de conservação do solo, estradas, barragens, irrigação e drenagem.

Dado a importância de se conhecer a chuva os autores desenvolveram um estudo para melhor conhecer o regime pluviométrico da cidade de Toledo, no Paraná. Verificou-se através de mapas mensais que em média, a cada ano há a mesma tendência pluviométrica em toda a região e os meses mais chuvosos são outubro e maio, e o menos chuvoso é o de agosto. A análise espacial mostrou que em média durante o período chuvoso (oito meses), há variação espacial dentro da área municipal com amplitude de até 400 mm e durante o período menos chuvoso (quatro meses), esta amplitude é de 200 mm. Para a realização da pesquisa, foram utilizadas 66 estações distribuídas por todo o estado, com informações que abarcam o ano de 1975 até o ano de 1995, com os totais mensais de precipitação.

LEITE e AMORIM, (2004) também estudaram as chuvas no Estado do Paraná e chegaram à conclusão de que há uma variabilidade temporal e espacial conforme mecanismos de macro e meso escala que influenciam diretamente na região, bem como sua orografia acentuada sob o ponto de vista da atividade regional.

Ainda segundo os autores, a variabilidade de precipitação apresenta um decaimento nos valores médio do sudoeste até o norte e leste da região, necessitando de uma maior avaliação desses mecanismos que influenciam tais anomalias climáticas.

PINHEIRO e NAGHETTINI, (1998) em um estudo desenvolvido na Região Metropolitana de Belo Horizonte para analisar a frequência da distribuição temporal das tempestades, utilizaram como metodologia a definição de curvatura tipo IDF (intensidade, duração e frequência). Para a elaboração do estudo foram analisados dados a partir de 168 anos de informações de 11 postos pluviográficos localizados na RMBH.

Conforme os autores, a inclusão da precipitação anual na equação do tipo IDF da RMBH sintetiza a influência de dois fatores sobre as intensidades máximas de chuva. O primeiro fator refere-se às diferenças espaciais de umidade, disponível para a origem e continuidade das ocorrências de precipitações intensas, indiretamente quantificadas pela variação dos totais anuais de chuva na RMBH. O segundo, inerente ao próprio traçado e à conformação espacial do mapa isoietal, reflete as influências orográficas sobre a intensificação dos eventos de precipitação.

MOREIRA (2002), estudando o comportamento das chuvas em Belo Horizonte, cita que há uma necessidade de se avaliar a relação de fenômenos meteorológicos de escala global para melhor compreender os fenômenos climáticos locais. Segundo o autor “*O conhecimento da atuação das massas de ar é importante na compreensão da dinâmica do clima que ocorre na região que se vai estudar e dos fenômenos climáticos regionais abordados*”.

O autor salienta também que houve uma grande dificuldade encontrada no desenvolvimento de seu estudo pelo fato da pouca densidade de estações pluviométricas com uma série de dados suficientemente longa para melhor caracterização das chuvas em Belo Horizonte. Devido ao número limitado de pluviômetros dentro da cidade, seus estudos se desenvolveram dentro de um espaço geográfico relativamente maior do que o aqui proposto, ou seja, não se limitou ao município de Belo Horizonte, compreendendo outros municípios da região Metropolitana. Uma maior compreensão, ou mesmo a confirmação dos resultados encontrados por MOREIRA (2002), poderão ser obtidos com a expansão da rede dos pluviômetros dentro da área estudada, sendo um dos objetivos deste estudo.

REIS et al. (2004), analisaram dados pluviométricos de diversas estações em Belo Horizonte, algumas delas sendo utilizadas neste trabalho, procurando identificar através dos dados coletados as principais áreas de potencial de chuvas intensas. Os resultados mostraram mais uma vez que, estas áreas, ditas de risco, se encontram próximas as encostas da Serra do Curral.

Estudos como o de REIS et al. (2004) sinalizam a importância de uma rede de pluviômetros mais densa, pois, em um centro urbano aliado a questões de topografia local a variabilidade espacial das chuvas é marcante, mesmo para pequenas distâncias como afirma MELLART (1999) apud BEGA et al. (2005), que ao estudar a variação das chuvas para pequenas áreas, observou a forte influência da topografia e do tipo de chuva nas diferenças encontradas. Além disto o autor ainda ressaltou que o grau de variabilidade muda de estação para estação e de região para região, o que faz com que as pesquisas se tornem constantes.

Em se tratando de tipos de chuva na variabilidade espacial, BEGA et al. (2005) em um experimento para a cidade de Pindorama, Estado de São Paulo, confirmam a dependência espacial das chuvas que se acentuam nos meses de predomínio de eventos convectivos, principalmente à medida que aumenta as distâncias entre os pluviômetros.

Pode-se observar através deste levantamento bibliográfico, que na maioria dos estudos relacionados à chuva, são utilizados informações de diversos postos pluviométricos. Portanto, a existência destes postos é de extrema importância para estudos climatológicos e meteorológicos, uma vez que somente através deles é que se poderão obter dados para estudar a dinâmica das chuvas de um determinado local.