

OCORRENCIA HORÁRIA E SAZONAL DAS PRECIPITAÇÕES NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, SP

Rogério Rozolen Alves
Departamento de Geografia/FFLCH/Universidade de São Paulo
rroz@usp.br

Emerson Galvani
Departamento de Geografia/FFLCH/Universidade de São Paulo
egalvani@usp.br

Eixo Temático 04 – O clima das cidades

Resumo: O trabalho avalia a ocorrência de precipitação pluvial horária no município de São Paulo, baseado nos dados da Estação Meteorológica Experimental, localizada no Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo. Para isto, foi utilizada a série de dados do período de 2001 a 2011, com registros horários. Os resultados demonstram que há maior ocorrência de chuvas nos finais de tarde (no Verão e no Outono) e uma distribuição mais homogênea ao longo do dia (Primavera e Inverno). Conclui também que no período chuvoso (Primavera-Verão) ocorrem 74% da precipitação e no período seco (Outono-Inverno), 26%, indicando uma sazonalidade nos totais pluviométricos.

Palavra-chave: Chuva horária, Sazonalidade, Estação Meteorológica.

Abstract: This paper evaluates the occurrence of hourly rainfall in São Paulo, based on data from the Experimental Weather Station, located in the Department of Geography, University of São Paulo. For this, was used the data series for the period 2001 to 2011, with schedules data. The results show that there is more rainfall in late afternoon (summer and autumn) and a more homogeneous distribution throughout the day (spring and winter). In the rainy season (spring-summer) occur 74% of the precipitation and the dry season (autumn-winter), 26%, indicating seasonality in rainfall totals.

Key words: Hourly rainfall, Seasonality, Weather Station

Introdução

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) está localizada na latitude do Trópico de Capricórnio, sudeste do Brasil. De acordo com Tarifa e Armani (2001, p-35), devido a esta localização, é influenciada por um clima de transição, entre os Climas Tropicais Úmidos de altitude, com período seco definido, e aqueles subtropicais, permanentemente úmidos, do Brasil meridional. Segundo Monteiro (1973, p.122)

Ao sul desta faixa temos a ver com um clima regional em latitude subtropical, permanentemente úmido pela atividade frontal. Mesmo nos anos de atuação mais reduzida do ar polar, a sua participação não é inferior a 40%, podendo elevar-se a 75% nos anos de maior atividade. Ao norte define-se com maior ou menor intensidade a existência de um período seco, coincidente com o Outono-Inverno, embora isto se apague no litoral. A menor penetração do ar polar no setor setentrional reduz a quantidade de chuvas frontais de sul para norte, conduz o mais das vezes ao bom tempo.

Caracteriza-se assim esta transição zonal como sendo de alternância de estações (quente-úmida e fria-seca), com bruscas variações dos tipos de tempo no município de São Paulo e entorno.

De acordo com Santos e Nery (2008, p-66), “A precipitação pluvial constitui-se um elemento natural extremamente importante para o planejamento espacial de uma determinada região. Através do estudo de sua variabilidade é possível inferir sobre o modo com que o homem ocupa e transforma os mais diversos espaços”.

Pezzopane *et al.* (1995) elaboraram um trabalho no qual caracterizaram a chuva horária em três municípios do estado de São Paulo (Campinas, Pindorama e Ubatuba), servindo como subsídio ao planejamento e às tomadas de decisão em diversas atividades agrícolas. Sentelhas *et al.* (1998) analisaram dados de pluviogramas da ESALQ em Piracicaba (SP) para a determinação da distribuição horária de chuvas intensas de curta duração.

Nas áreas urbanas as precipitações de grande intensidade causam o alagamento das ruas, cujo sistema de drenagem, na maioria das vezes, não foi projetado para intensas chuvas (SANTOS; NERY, 2008, p-66). A precipitação pluvial é um dos mais importantes atributos climáticos, principalmente em grandes centros urbanos, sendo que em eventos de precipitação extrema, concentrados em um curto intervalo de tempo, podem causar sérios danos à população residente, por meio de enchentes, deslizamentos e demais transtornos.

No município de São Paulo, o total médio de chuva anual é de 1441 mm (Normais Climatológicas). O mês de maior ocorrência média de chuva é Janeiro (237,4 mm) e o de menor precipitação é Agosto (39,6 mm). Através de figura 01 podem-se perceber dois períodos bem distintos, com relação à precipitação, sendo que os meses de Outono e Inverno apresentam as menores médias pluviométricas. Os dados são provenientes da Estação Meteorológica oficial do INMET, em São Paulo.

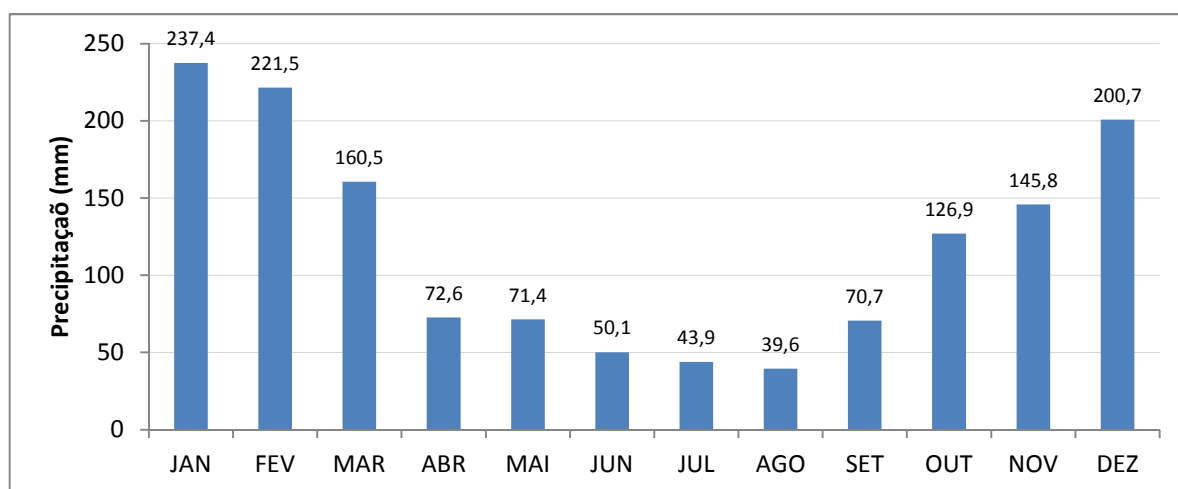


Figura 01: Médias mensais de precipitação para o município de São Paulo, SP, na Estação Meteorológica do Mirante de Santana. Fonte: Normais Climatológicas, INMET (1961-1990).

O pluviômetro localizado no Departamento de Geografia da USP não pode ter um caráter representativo de todo o município de São Paulo, pois conforme Azevedo (2001, p-157):

Os instrumentos utilizados para medir a chuva fornecem uma média da precipitação numa pequena área. É como se fosse feita a planificação da superfície que representa as variações de precipitação, sob a qual estaria contido, hipoteticamente, o volume integrado de chuva considerado. Esta transformação em uma coluna de água só faz sentido quando comparada com outras colunas de água, em escalas de maior generalização, nas quais são incorporadas como pontos.

Como não houve acesso aos dados de outros postos pluviométricos, com medições e registros horários, usou-se apenas um posto de coleta.

O objetivo do trabalho, portanto, é identificar os horários de ocorrência dos maiores percentuais de chuva no município de São Paulo, em cada estação do ano, tendo como referência os dados pluviométricos da Estação Meteorológica localizada na Universidade de São Paulo.

Materiais e Método

Para um município com a área 1523,2 km² (IBGE, 2010), é relativamente pequeno o número de Estações Meteorológicas para monitoramento climático. Uma delas é a Estação Meteorológica Experimental (EME) de funcionamento automático, localizada nas dependências do Departamento de Geografia, na Universidade de São Paulo. A coleta de dados e sua manutenção ficam a cargo do Laboratório de Climatologia e Biogeografia (LCB). Um dos parâmetros registrados é a precipitação pluvial, através de um pluviômetro de balança (Texas Electronics, Modelo TE525M), observado na figura 02.

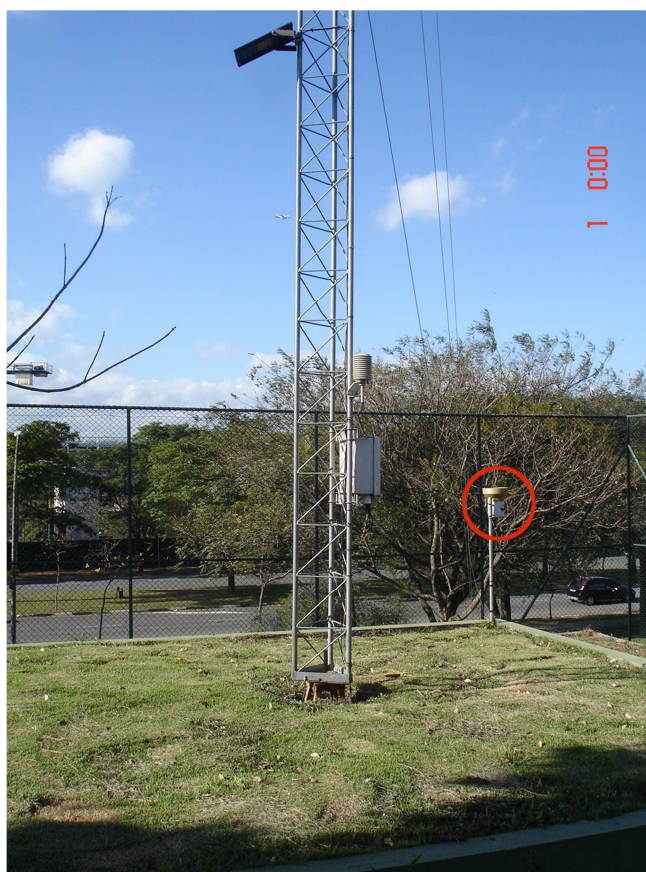


Figura 02: Imagem da base da torre, onde se localiza a Estação Meteorológica Experimental do LCB. Em destaque no círculo em vermelho, o pluviômetro instalado. Foto: Rogério Rozolen Alves, 2011.

Para avaliar em quais os horários há maior concentração de chuva no município de São Paulo, com base nos dados da EME, foi utilizado como período de análise o intervalo que compreende os anos de 1998 a 2011. Os registros de precipitação obtidos em escala de cinco minutos foram agrupados em escala horária utilizando o recurso “tabela dinâmica” do Microsoft Office Excell. Na tabela 01, é possível observar que em muitos meses, não foi possível obter os registros, seja por conta de falhas na série, ou mesmo em decorrência de avaria e manutenção do pluviômetro. No intervalo de dezembro de 1998 a setembro de 2001, os dados foram registrados como totais diários. Como para a finalidade deste trabalho era essencial que tivéssemos acesso aos totais horários, este período foi descartado. Monteiro (1973, p-97) destaca que as medidas horárias são importantes para registrar eventos pluviais extremos isolados em determinadas horas do dia:

Tais máximas podem representar aspectos muito variados do fenômeno pluvial em sua descontinuidade específica. A máxima diária de uma dada localidade poderá traduzir uma forte e contínua pancada de chuva ocorrida em, digamos, doze a dezoito horas; como também pode resultar de duas ou três pancadas relativamente espaçadas, durante o dia; ainda pode representar o resultado de uma chuva relativamente fraca, estendendo-se durante todo o dia; como pode refletir, no decorrer do dia, vários modos de chuva, alternando pancadas fortes e períodos sem ocorrência, ou de aspecto muito fraco.

Assim, o intervalo de análise para este trabalho foi definido entre agosto de 2001 até dezembro de 2011. A partir de 2003, a estação passou a ter registros a cada cinco minutos. A sazonalidade foi definida através do calendário astronômico, que define o início e final de cada estação¹. Com isto, foram agrupados os dados em períodos de Verão, Outono, Primavera e Inverno.

Tabela 01: Período de amostra dos dados de precipitação da Estação Meteorológica Experimental, com os intervalos de registros e os meses com ausência de dados.

intervalo de dados	ANO	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
horário	2001	inexistente	inexistente	inexistente	inexistente	inexistente	inexistente	inexistente	OK	OK	OK	OK	OK
horário	2002	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
5 minutos	2003	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
5 minutos	2004	incompleto	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
5 minutos	2005	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
5 minutos	2006	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
5 minutos	2007	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
5 minutos	2008	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
5 minutos	2009	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
5 minutos	2010	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
5 minutos	2011	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

incompleto
inexistente
OK

Mesmo com falhas no banco de dados, foi possível utilizar para o trabalho um total de 603.450 observações em intervalos de cinco minutos, além das observações horárias. Na tabela 02 estão os totais de registros utilizados para cada estação do ano.

Tabela 02: Totais de registros da Estação Meteorológica Experimental, utilizados para o trabalho. Org. pelos autores.

Inverno	151.138
Outono	162.227
Primavera	148.171
Verão	150.785
Total	612.321

Resultados e discussão

¹ Dados levantados através do site do Observatório Astronômico de Uberlândia. <<http://www.silvestre.eng.br/astrologia>>. Acessado em 11/07/2012.

Após o agrupamento dos dados, é possível verificar a variabilidade da precipitação pluvial através dos percentuais horários ao longo de cada Estação do ano.

No Verão, uma grande concentração dos episódios pluviais ocorre das 16h00 às 19h00, chegando ao pico máximo de 14,21% do total do período das 16h00 às 17h00 (Figura 03). Das 00h00 até as 13h00, não há muitas ocorrências para o período analisado, percentualmente.

Monteiro (1973, p-118) aponta que no Verão as chuvas são geralmente intensas, já que “a distribuição das chuvas pelo território estadual nesta estação que, em quase todas as áreas apresentam o seu máximo, se faz no sentido decrescente do leste para o oeste”. Em função do volume de chuvas ocorrido em um curto período, nesta época do ano surgem grandes transtornos à cidade de São Paulo causando, com frequência, alagamentos e inundações.

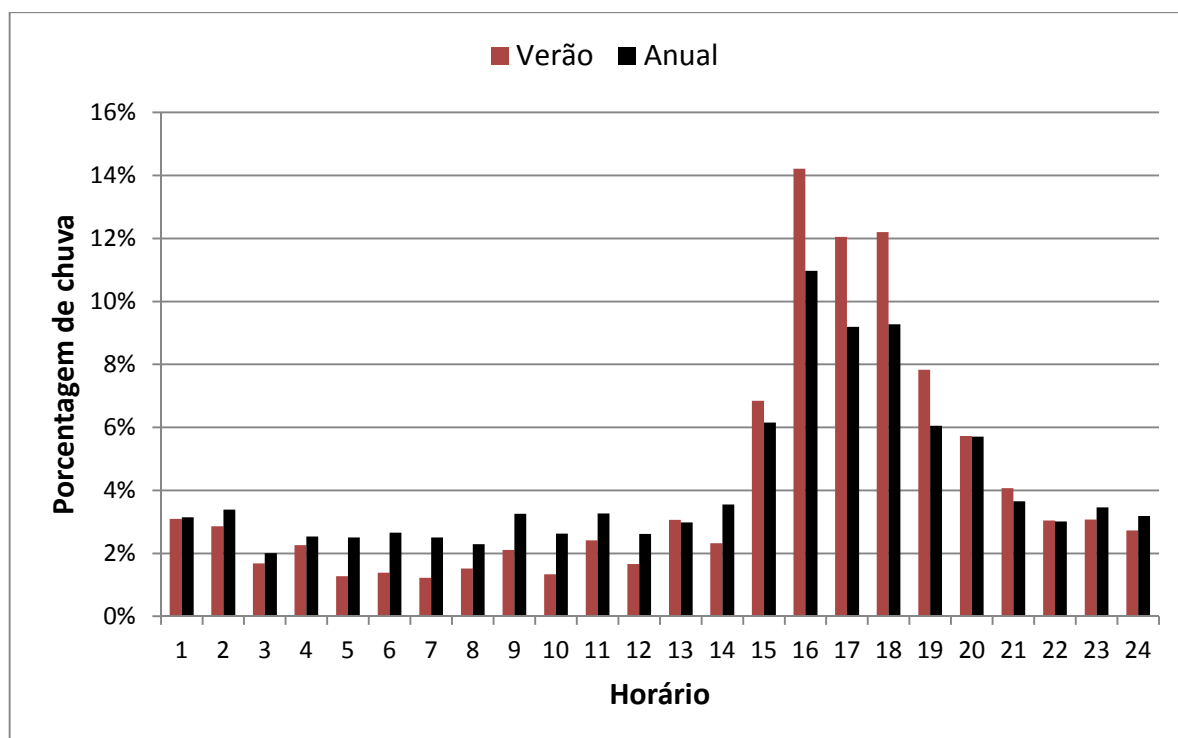


Figura 03: Distribuição do percentual da chuva ao longo das horas do dia no período de Verão. Em preto, a porcentagem de chuva anual horária. Período de 2001 a 2011.

No Outono, ao longo o período, conforme demonstrado na figura 04, percebe-se uma similaridade com o Verão, na distribuição da precipitação ao longo do dia. Os horários de registro com maior percentual de chuvas ocorrem das 15h00 às 18h00. De acordo com Monteiro (1973, p-118), a circulação atmosférica regional na estação de Outono é dada pela oscilação de linhas e instabilidade frontais, em especial, pela Frente Polar Atlântica. Aponta que:

No outono persiste ainda a primazia da gênese frontal, especialmente graças ao eixo principal que começa a intensificar sua atividade apesar da ‘indecisão’. A Massa Polar Tropicalizada (Pv) apresenta uma significativa contribuição enquanto se torna insignificante a colaboração devido à Tropical Atlântica. Para a maioria da área do estado, produz-se uma sensível redução nas quantidades e na intensidade das chuvas.

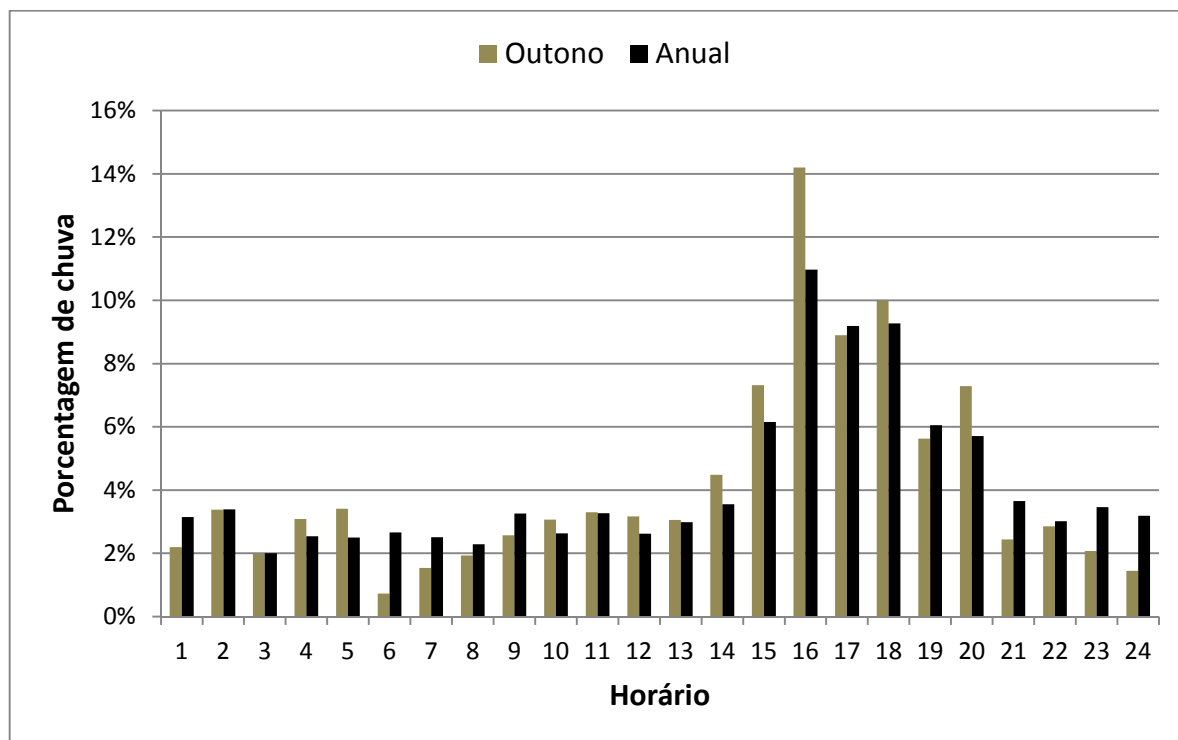


Figura 04: Distribuição do percentual da chuva ao longo das horas do dia no período de Outono. Em preto, a porcentagem de chuva anual horária. Período de 2001 a 2011.

No período de Primavera, há uma distribuição mais homogênea da pluviosidade, ocorrendo em maior concentração das 14h00 às 20h00. Conforme observado na figura 05, o maior pico ocorre no horário que compreende das 16h00 às 17h00 (com registro de 7,89% da precipitação que ocorreu na Primavera). Monteiro (1973) afirma que no decorrer desta estação as precipitações se intensificam e aumentam de frequência, dando início ao período chuvoso. A característica nessa estação quanto à gênese das chuvas é a sua maior diversificação, embora a atividade frontal predomine discretamente. Observa-se a participação mais efetiva da onda de noroeste na produção das chuvas.

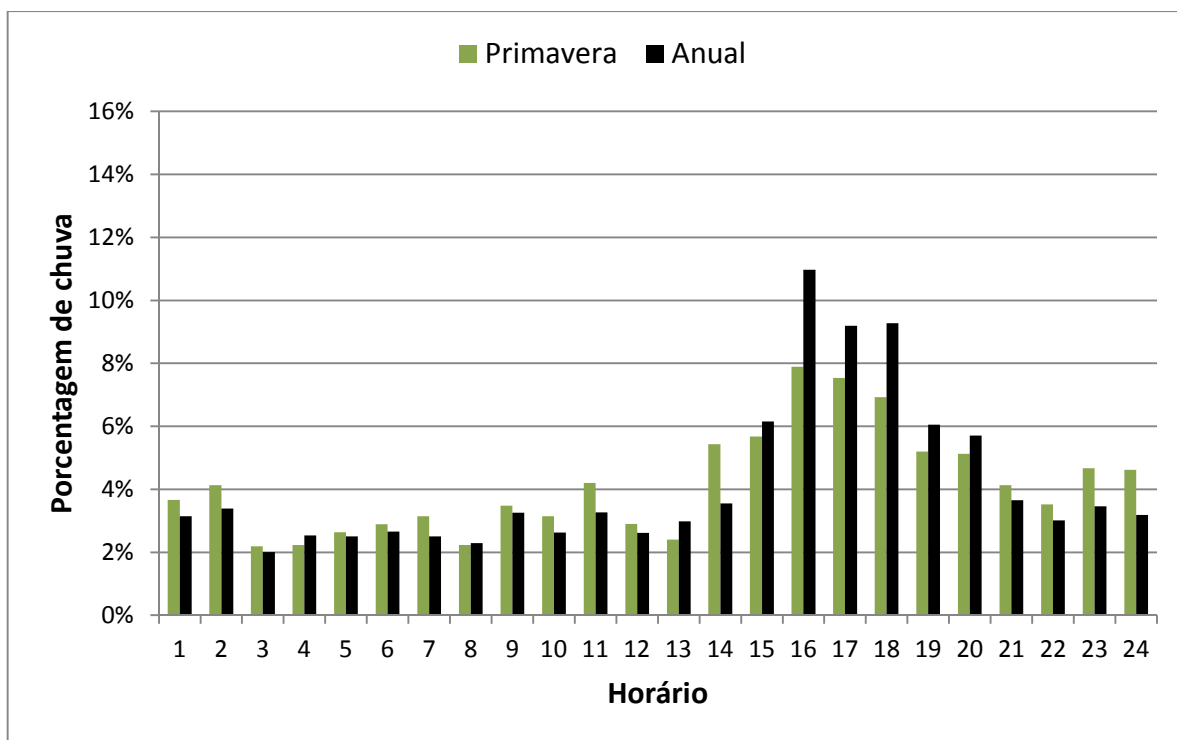


Figura 05: Distribuição do percentual da chuva ao longo das horas do dia no período de Primavera. Em preto, a porcentagem de chuva anual horária. Período de 2001 a 2011.

Por fim, no Inverno é possível notar que há maior concentração dos totais pluviométricos nas primeiras horas da manhã. Na figura 06, observa-se que das 5h00 às 10h00 ocorrem os valores mais elevados, com o pico sendo atingido às 6h00 (9,31% da precipitação nesta estação do ano).

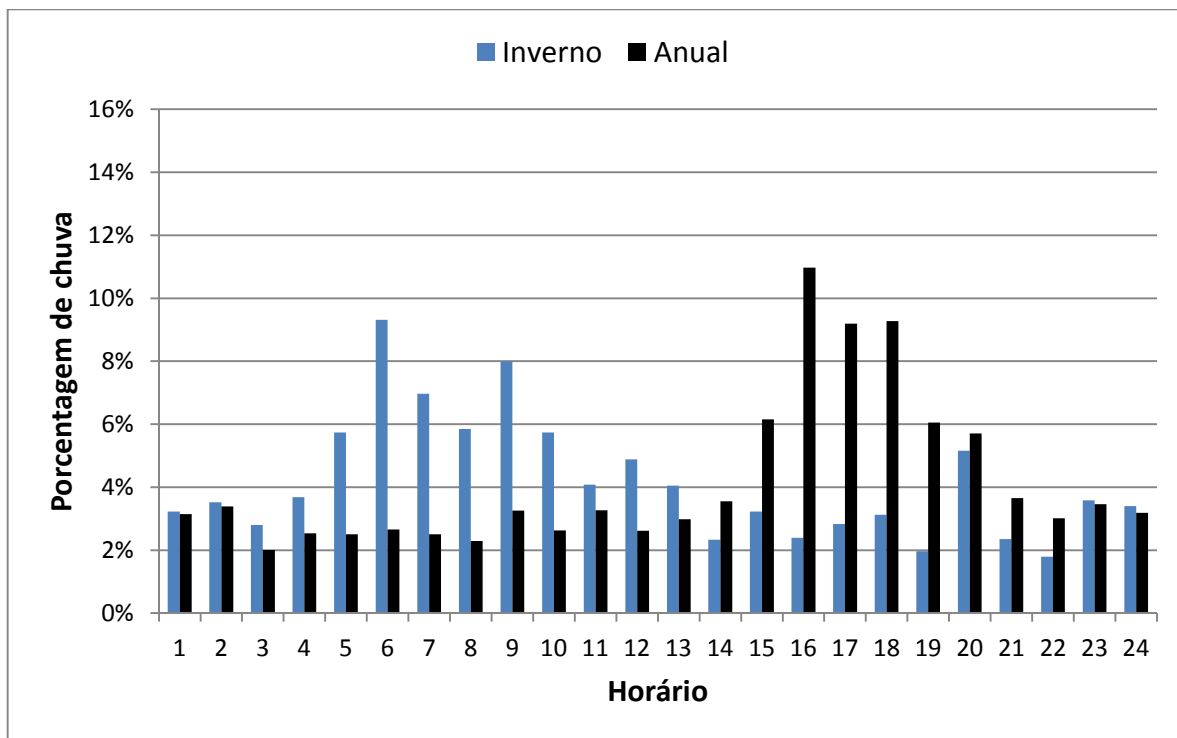


Figura 06: Distribuição do percentual da chuva ao longo das horas do dia no período de Inverno. Em preto, a porcentagem de chuva anual horária. Período de 2001 a 2011.

Monteiro (1973, p-118) analisa o período de inverno e a dinâmica pluviométrica no estado de São Paulo:

Com a chegada do inverno produz-se o mínimo de chuvas e, salvo no litoral e no sudeste do estado, a frequência do fenômeno reduz-se consideravelmente, constituindo o auge da estação seca. A gênese das chuvas é quase que exclusivamente frontal complementada por aquelas das perturbações sofridas no interior das massas polares no seu domínio.

De acordo com a tabela 03, os percentuais de precipitação para a estação de Verão e Primavera (meses mais chuvosos) compreendem 74 % do total. No Inverno e Outono ocorreram 26% dos totais pluviométricos dos anos registrados, e que foram selecionados para este estudo. Conforme Monteiro (1973, p-122), há um período seco evidenciado, pois:

Revela-se ali uma diminuição da pluviosidade não só em relação às áreas circunvizinhas do planalto. Tal diminuição leva mesmo à consideração da existência de período seco. Contudo a análise do ritmo de distribuição diária das chuvas mostra que o outono-inverno é menos seco que certas áreas serranas do interior, como por exemplo, a da Serra de Botucatu (VII). No período chuvoso, a penetração da onda de leste é também facilitada notando-se que o ritmo de ocorrência de chuvas é superior a aquele da área IIc, neste período.

Ainda afirma que

A Bacia Paulistana engastada no Planalto Atlântico, na altura da faixa de limite entre os dois climas regionais, merece especial consideração não só pelo fato de sua associação à metrópole como pela sua originalidade geográfica. O fato de que a Serra do Mar, à sua retaguarda, mantém o aspecto de “borda de planalto” (e não de “Serra” como acontece no Paraná), permite uma penetração ou extravasamento das perturbações litorâneas. Este fato, aliado às oscilações térmicas, confere à Bacia Paulistana um “período seco” com características bem especiais. Os estados locais do ritmo do clima deverão dar grande ênfase à qualidade das pancadas de chuva, garoas e outros tipos de hidrometeoros próprios da área.

Tabela 03: Precipitação total sazonal e percentual de precipitação, a partir dos dados da série da Estação Meteorológica Experimental do LCB (período de 2001 a 2011). Org. pelos autores.

	TOTAL (mm)	%	%
Inverno	1246,6	11,5	26,0
Outono	1560,1	14,4	
Primavera	3197,7	29,6	74,0
Verão	4793,4	44,4	
	10797,9	100,0	100

Considerações finais

Conforme os resultados apresentados percebe-se uma maior concentração dos totais pluviométricos no período de fim de tarde, para o Verão e Outono. A diferença é que o volume de chuvas no Verão (44,4%) é muito maior que nos meses de Outono (14,4%), de acordo com os dados utilizados no trabalho.

No Inverno, a distribuição das precipitações ocorre temporalmente de modo mais homogêneo, com a atuação dos sistemas frontais como a principal origem das precipitações.

Na Primavera, ocorre uma distribuição das chuvas ao longo do dia, sem grandes concentrações em horários específicos. Por ser uma estação de transição, há muita instabilidade atmosférica, aumento gradativo da umidade relativa e da temperatura, porém sem grandes totais de chuva, quando comparados ao Verão.

Cabe destacar a sazonalidade acentuada, uma vez que os dados demonstram que no período de primavera-verão ocorrem 74% da precipitação e no outono-inverno 26% do total anual.

Referências bibliográficas

AZEVEDO, T. R. de. Derivação antrópica do clima na Região Metropolitana de São Paulo abordada como função do ritmo semanal das atividades humanas. Tese de Doutorado, FFLCH, USP, São Paulo, 2001.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normais Climatológicas do Brasil (1961-1990). Brasília, INMET – Instituto Nacional de Meteorologia/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?uf=sp>. Acesso em 10/09/2012.

MONTEIRO, C. A de F. A dinâmica climática e as chuvas do estado de São Paulo: estudo em forma de Atlas. Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1973.

OBSERVATÓRIO ASTRONÔMICO DE UBERLÂNDIA. <<http://www.silvestre.eng.br/astronomia>>. Acesso em 11/07/2012.

PEZZOPANE, J.E.M.; SENTELHAS, P.C.; ORTOLANI, A.A.; MORAES, A.V. de C.. Caracterização da chuva horária em três locais do estado de São Paulo: um subsídio ao planejamento de operações agrícolas de campo. *Sci. agric.* (Piracicaba, Braz.) [online]. 1995, vol.52, n.1, pp. 70-77, 1995.

SANTOS, A. A. DOS; NERY, J. T. Análise da precipitação pluvial anual para a região sudeste do Brasil – 1974 a 2002. In VIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Alto Caparaó, MG, 2008.

SENTELHAS, P. C.; CRUCIANI, D. E.; PEREIRA, A. S.; NOVA, Nilson Augusto Villa. Distribuição horária de chuvas intensas de curta duração: um subsídio ao dimensionamento de projetos de drenagem superficial. *Revista Brasileira de Meteorologia*, Jaboticabal, v. 13, n. 1, p. 45-52, 1998.

TARIFA, J. R. & ARMANI, G. "Os climas naturais" in TARIFA, J. R. & AZEVEDO, T. R. de, orgs, Os climas da cidade de São Paulo: teoria e prática. GEOUSP - Novos Caminhos, n.4. Departamento de Geografia, FFLCH, USP, São Paulo, 2001.