

AVALIAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DE EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NO PERÍMETRO URBANO DE PORTO VELHO – RO A PARTIR DA REDE DE PLUVIÓGRAFOS LOCAL

Henrique Bernini^{1}; Ana Cristina Santos Strava Corrêa²; Iago Silva Barbosa³; Cristein Roberto Vicente do Nascimento⁴; Diego Costa da Silva⁵; Nilena Bezerra Mota de Souza⁶; Jaqueline Harmatiuk⁷; Rydianne Carvalho de Moura⁸ & Astrea Alves Jordão⁹*

Resumo – Com o objetivo de aperfeiçoar metodologicamente o uso das estações existentes na cidade de Porto Velho-RO e o conhecimento sobre o comportamento das chuvas, foram analisadas neste trabalho as características (intensidade e duração) de alguns eventos extremos ocorridos durante o período chuvoso de 2013. As análises foram feitas através da estação Meteorológica de Observação de Superfície do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, que compõe a rede nacional de Hidrometeorologia e os pluviógrafos que compõe a rede do perímetro urbano. Com o intuito de detalhar as chuvas máximas contidas na estação da rede nacional a partir de informações dos pluviógrafos, buscou-se identificar eventos críticos registrado por todas as estações. A escolha dos eventos foi baseada nas maiores intensidades observada pela estação do INMET. Afim de dar consistência às análises dos eventos foi feita uma correlação a partir de regressão para compreender qual estação representou com maior fidelidade o evento registrado no INMET. Este trabalho conclui que a implantação de uma rede de pluviógrafos voltada ao estudo dos eventos que provocam inundação na área urbana possibilitou a análise do comportamento de chuvas convectivas intensas. Os estudos irão avançar no sentido de indicação dos valores adequados de intensidade para dimensionamento da drenagem urbana.

Palavras-Chave – Chuvas intensas, Monitoramento, Porto Velho-RO.

EVALUATION AND CHARACTERISTICS OF EXTREME RAINFALL EVENTS IN THE GROUP OF URBAN OLD HARBOR - RO FROM LOCAL NETWORK PLUVIOGRAPHS

Abstract – The purpose of this article is to improve the use of rain gauges in the city of Porto Velho-RO to know the behavior of the maximum intensities were analyzed in this paper the characteristics (intensity and duration). Investigated the characteristics (intensity and duration) of some storms that occurred during 2013. For this work was used to train Meteorological Observation Surface of the National Institute of Meteorology - INMET, which comprises the national network of Hydrometeorology and rain gauges that make up the network of the urban perimeter. To detail the maximum rainfall stations of the national network of rain gauges used information. The choice was based on the events observed by higher intensities INMET station. In order to provide consistency aces analysis of events was made a correlation from regression to understand which station

¹ Faculdade de Rondônia – FARO e Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM - CR/PV, henriquebernini@hotmail.com;
² Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM - CR/PV, ana.strava@sipam.gov.br;
³ Faculdade de Rondônia – FARO e Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM - CR/PV, iago.barbosa@sipam.gov.br;
⁴ Faculdade de Rondônia – FARO e Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM - CR/PV, cristein.nascimento@sipam.gov.br;
⁵ Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM - CR/PV, diego.silva@sipam.gov.br;
⁶ Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM - CR/PV, nilena.souza@sipam.gov.br;
⁷ Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM - CR/PV, jaqueline.harmatiuk@sipam.gov.br;
⁸ Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM - CR/PV, rydianne.moura@sipam.gov.br;
⁹ Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM - CR/PV, astrea.jordao@sipam.gov.br

represented higher fidelity registered in the event INMET. This paper concludes that the implementation of a network of pluviographs devoted to the study of the events that cause floods in urban areas enabled the analysis of the behavior of intense convective rainfall. The studies will progress towards an indication of the appropriate intensity for design of urban drainage.

Keywords – Maximum rainfall, Monitoring, Porto Velho-RO.

INTRODUÇÃO

Na região amazônica a quantidade de estações que mensuram componentes do ciclo hidrológico ainda não atende a demanda existente, em especial os instrumentos capazes de medir a precipitação. Vários são os fatores que contribuem para este problema, desde imensas regiões cujo acesso é restrito, perpassando pela falta de planejamento por parte do setor público em regiões urbanizadas da Amazônia. Porém a ocupação de áreas da ricamente drenadas pelos igarapés trouxe à tona problemas econômicos provocados por inundações e alagamentos pelo aumento da população nas áreas urbanas da Amazônia.

Atualmente, a cidade de Porto Velho convive com os exemplos citados acima, pois segundo Escada et al. (2013), na última década o município registrou um grande crescimento populacional, de 28%, passando de 334.661 habitantes em 2000, para 428.527 habitantes em 2010 (IBGE, 2012). Escada et al. afirma também que em parte, o aumento populacional pode ser atribuído à instalação das Usinas Hidrelétricas de Santo Antônio e Jirau, empreendimentos que trouxeram um grande contingente de mão de obra para sua construção aumentando a oferta de empregos e serviços, a arrecadação de impostos e a disponibilidade de recursos oriundos da compensação social e ambiental para investimento no município.

Contudo, a demanda pela gestão da água e de uma infraestrutura verde aumentou e ocasionou uma série de problemas na infra-estrutura da cidade, dentre eles podem ser destacados: 1- Aumento do consumo de água; 2- aumento da demanda de resíduos domésticos e industriais nos corpos hídricos urbanos conforme afirma Santos, (2009); 3- Recorrência de Alagamento, inundações (de ordem estrutural e não estrutural) e desmoronamento segundo Bezerra et. al (2012); 4- Edificações em áreas com risco de inundações de alto, médio e baixo risco de acordo com Souza et. al (2011); 5- Deterioração da pavimentação asfáltica devido a falta de gestão com o esgoto pluvial.

Com o objetivo de dar resposta a alguns desses problemas que dependem do monitoramento das chuvas, foram adquiridos 5 Pluviógrafos e uma estação Plu/Flu espalhados ao longo do perímetro urbano oriundos da compensação social e ambiental do complexo hidrelétrico, sendo gerenciada pela Secretaria Municipal de Planejamento – SEMPLA e operada pelo Centro Regional de Porto Velho do Sistema de Proteção da Amazônia – SIPAM.

Anterior à aquisição destes instrumentos esta região só contava com dados da rede nacional composta pela estação Meteorológica de Observação de Superfície Convencional do INMET operada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA e da Plataforma de Coleta de Dados – PCD gerenciado pela Agência Nacional de Águas – ANA e operado pelo Serviço Geológico do Brasil SGB/CPRM. Integra também ao monitoramento hidrometeorológico da região o radar meteorológico operado pelo SIPAM. No entanto, as informações das estações da rede nacional são disponibilizadas como acumulados horários, limitando o uso dos dados no que diz respeito à análise de forma detalhada dos eventos extremos, em particular para os fenômenos que superam a capacidade instalada nos sistemas de drenagem. SILVA et al (2005) aponta que

predominam na região os sistemas convectivos, causadores de enchentes, inundações, alagamentos e desmoronamentos. Há que se observar, porém que os acumulados horários disponíveis nos sensores da rede nacional não representam com confiança os picos de intensidade de chuvas que provocam a maior parte das mazelas urbanas relacionadas às chuvas. Por isto, neste artigo abordaremos e proporemos a análise dos eventos críticos observado na série histórica de dados de precipitação do INMET a partir dos pluviógrafos observados pelo SIPAM, com o intuito de subsidiar trabalhos de mapeamento de áreas de risco de inundação. O trabalho apresenta uma comparação entre valores acumulados horários até então disponíveis e suas respectivas modulações registradas em intervalos de 10 minutos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

Segundo Bezerra et. al (2012) e CPRM, (1997) *in* Santos, (2009) Porto Velho localiza-se no estado de Rondônia, na Amazônia Ocidental, a margem direita do Rio Madeira. A área urbana tem em torno de 66 km² em 2008 e se encontra em constante estágio de ampliação de áreas construídas. Possui um sitio urbano com relevo relativamente plano, é banhada por igarapés, afluentes da margem direita do rio Madeira, dos quais se destacam o Bate-Estacas, Belmont, Tanques, Grande e Periquitos (CPRM, 1999). São densamente povoados e por isso, encontram-se descaracterizados pela terraplanagem e arruamentos, que já causou o desaparecimento de parte de seus canais de drenagem. SILVA et al (2005) comenta que o regime pluviométrico desta região é caracterizado por um período mais chuvoso, que está compreendido entre os meses de novembro a abril, com precipitações superiores a 2200 mm. O período mais seco se inicia em maio e termina em setembro, com precipitações inferiores a 55 mm, sendo o mês de julho mais seco e janeiro o mais chuvoso com média de 330 mm.

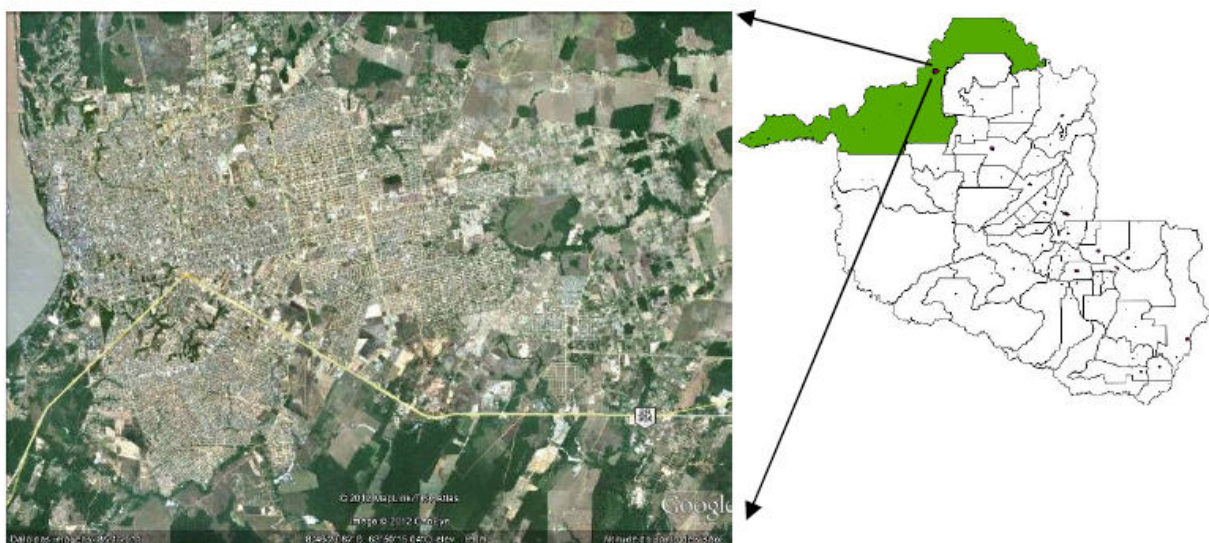


Figura 01 – Localização da área urbana de Porto Velho – RO.

SILVA et al (2005) também comenta que nos meses chuvosos, os mecanismos dinâmicos que

atuam sobre a precipitação são essencialmente de grande escala, porém nos meses secos há que considerar-se as atividades convectivas de escala local. Os de grande escala são a Alta da Bolívia (**AB**) – anticlone que se forma em alto nível da atmosfera (200hPa) durante os meses de verão e situa-se sobre o altiplano boliviano; a Zona de convergência do Atlântico Sul (**ZCAS**) – é um sistema caracterizado por uma região de convergência de umidade orientada de noroeste a sudeste com formação de uma banda de nebulosidade profunda capaz de gerar chuvas abundante; a Zona de convergência Intertropical (**ZCIT**), e as Linhas de instabilidade (**LIs**) – conglomerados de nuvens cumulonimbos que se formam na costa N-NE do oceano Atlântico devido à circulação de brisa marítima. As **LIs** apresentam-se com maior ou menor intensidade dependendo do comportamento sazonal e a intensidade da ZCIT. Os fenômenos atmosféricos que provocam chuva na região são às altas convecções diurnas – água, evaporada no local e a evapotranspiração – resultante do aquecimento das superfícies de água, floresta e vegetação, ou seja, os mecanismos de escala local que estão associados aos de grande escala.

Materiais

Para alcançar o objetivo deste trabalho utilizaram-se os seguintes dados referenciados na tabela 1 e figura 2:

1. Dados horários da série histórica da estação Meteorológica de Observação de Superfície Convencional do INMET, para identificação dos eventos extremos de precipitação;
2. Dados da série histórica de 4 pluviógrafos da prefeitura, e operado pelo SIPAM para caracterizar os eventos;

Estação Meteorológica de Observação de Superfície Convencional – é composta de vários sensores que registram continuamente os parâmetros meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar direção e velocidade dos ventos, etc), que são lidos e anotados por um observador humano a cada intervalo, este os envia a um centro coletor por um meio de comunicação qualquer. Em Porto Velho a estação está localizado na EMBRAPA e sua série histórica compreende dados desde 1945 e coleta informações sobre precipitação a cada hora.

Tabela 01 – Localização geográfica dos pluviômetros na cidade de Porto Velho.

ESTAÇÕES PLUVIÔMETRICAS	LONGITUDE(W)	LATITUDE(S)
Marcelo Cândia	-63,81	-8,78
Guadalupe	-63,86	-8,74
Sesi	-63,87	-8,77
Tiradentes	-63,88	-8,74
Vicente Rondon	-63,88	-8,79
Embrapa	-63,85	-8,79

Pluviógrafos – Os pluviógrafos (figura 3) adquiridos pelo Projeto Bacias Urbanos foram instalados nos Colégios distribuídos na cidade de Porto Velho, e sua série histórica compreende dados desde 2011. Todavia, estes pluviógrafos estão calibrados para coletar informações sobre a precipitação a cada 10 minutos, possibilitando o estudo detalhado de eventos críticos. Em relação a

distância entre os Pluviógrafos da estação do INMET, os Pluviógrafos do colégio Vicente Rondon e SESI possuem uma distância de 3,8 km aproximadamente e a do Guadalupe 6 km.

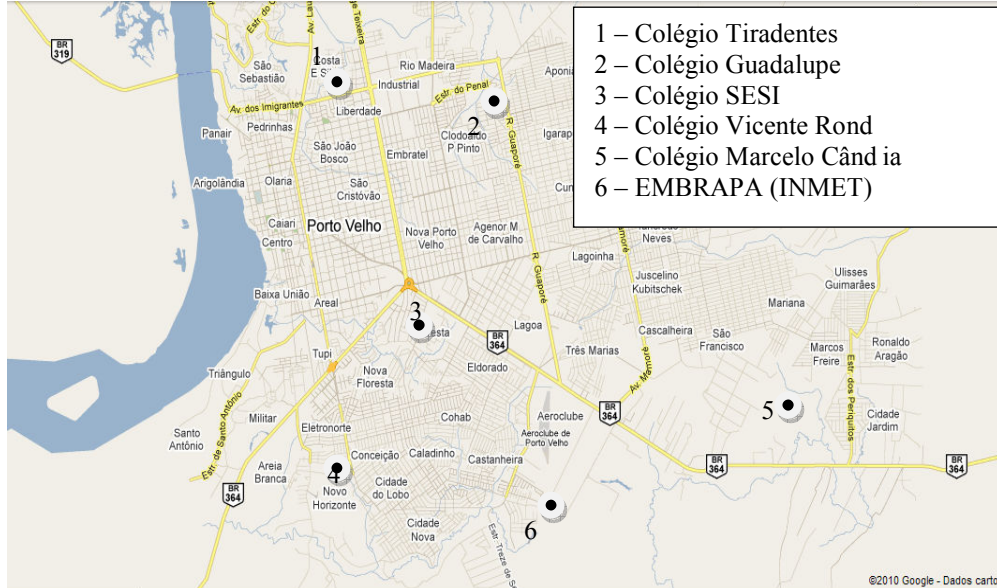


Figura 02 – Distribuição dos pluviômetros instalados nos colégios de Porto Velho.

Metodologia

Com o intuito de detalhar as chuvas máximas contidas na estação da rede nacional a partir de informações dos pluviógrafos e conforme demonstrado na figura 04, primeiramente buscou-se identificar eventos críticos registrado por todas as estações, cuja duração fosse similar para todos. A escolha dos eventos foi baseada nas maiores intensidades observada pela estação do INMET. Afim de dar consistência às análises dos eventos foi feita uma correlação a partir de regressão para compreender qual estação representou com maior fidelidade o evento registrado no INMET, uma vez que a variação espacial e temporal podem interferir nas relações, sendo portanto, utilizado o pluviógrafo com maior R^2 para modular as chuvas em intervalos de 10 minutos.

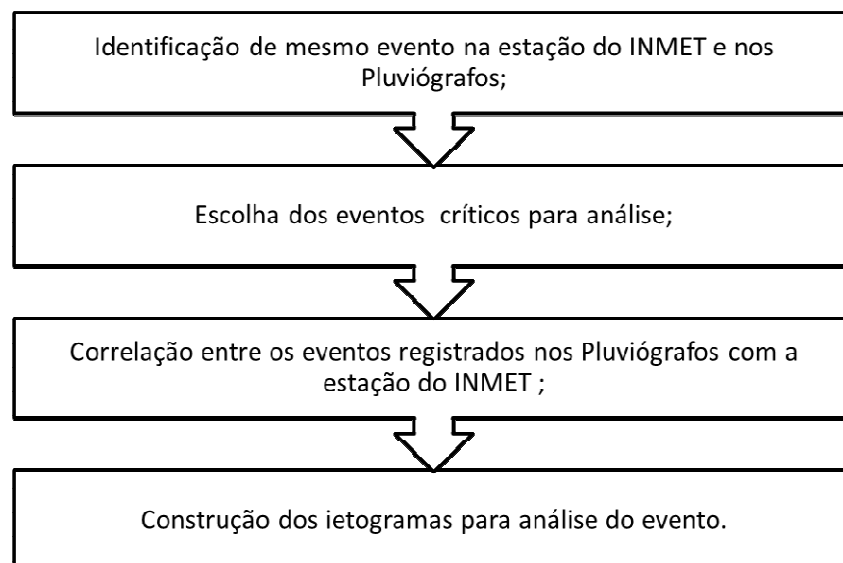


Figura 04 – Fluxograma da metodologia utilizada para observação dos eventos de chuva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando o período em que há disponibilidade de informações em todos os Pluviógrafos e na estação do INMET, chegou-se a conclusão de que os eventos identificados e escolhidos para este trabalho estão compreendidos entre os meses de fevereiro e março de 2013. Anterior a esta data, há falhas na série histórica da estação do INMET ou em algum dos 5 Pluviógrafos da rede de monitoramento da Prefeitura. Os eventos analisados e a fonte das informações foram indicados a partir do critério de consistência dos dados, considerando o grau de correlação entre a estação e um Pluviógrafo da rede, similaridade entre a duração do evento registrado para os dois instrumentos conforme. A seguir são apresentadas as informações dos eventos.

Evento do dia 21 de fevereiro de 2013 – INMET x Guadalupe

De acordo com os dados disponíveis, para este evento o pluviógrafo que demonstrou a melhor correlação com os registros da estação do INMET foi o instrumento instalado na escola Guadalupe, conforme observado na figura 7. Com duração e precipitação acumulada bastante similar entre as duas estações, nota-se, no entanto que a intensidade máxima se difere em pelo menos 200%, uma vez que ao se observar a figura 6, pode-se constatar que em 10 minutos a intensidade máxima chegou a 78 mm/h, valor este que revela a importância de se obter dados a cada 10 minutos em regiões cuja área de captação de água e o tempo de concentração dessas áreas podem ser menores que uma hora.

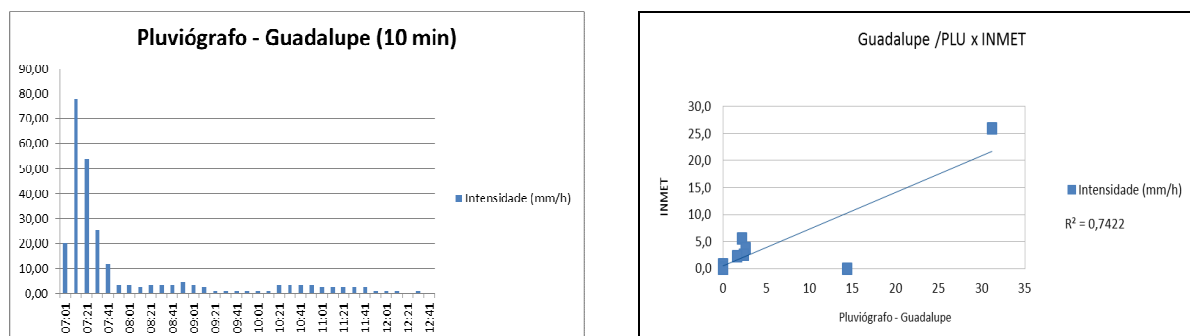


Figura 6 - Grau de correlação entre as estações. Figura 7 – Ietograma do evento.

Tabela 2 – Características do evento entre a estação do INMET e o Pluviógrafo da escola Guadalupe.

Dia	Estação	Duração (hr)	Precipitação Acumulada (mm)	Intensidade Máxima (mm/h)	Pico (%)
21/02/2013	INMET	7	41,2	26	200
	Plu/Guadalupe	6,5	43	78	

Evento do dia 27 de fevereiro de 2013 – INMET x Guadalupe

Para este evento o pluviógrafo do colégio Guadalupe também foi o que obteve melhor grau de correlação linear com os registros da estação do INMET, conforme observado na figura 8. Neste caso apenas a duração do evento foi similar entre as estações, pois o volume acumulado da precipitação obteve a maior amplitude entre os casos aqui investigados. A intensidade máxima também obteve uma grande diferença nos resultados, pois ao se observar a figura 9 e a tabela 3, nota-se que o Pluviógrafo registrou uma intensidade acima de 100 mm/h em 10 minutos, enquanto que a estação do INMET observou uma intensidade máxima apenas de 10 mm/h. Esta diferença evidencia que o pluviógrafo superou em 100% as informações da intensidade máxima registrado pelo estação do INMET.

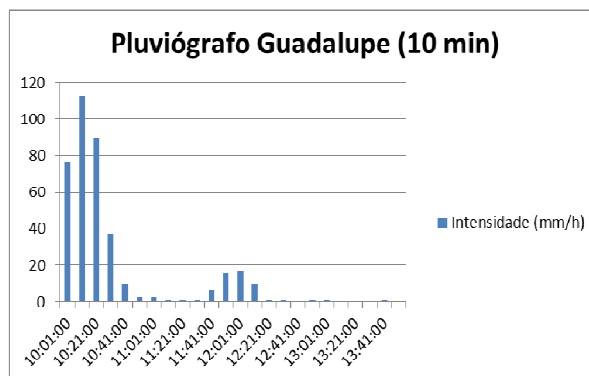
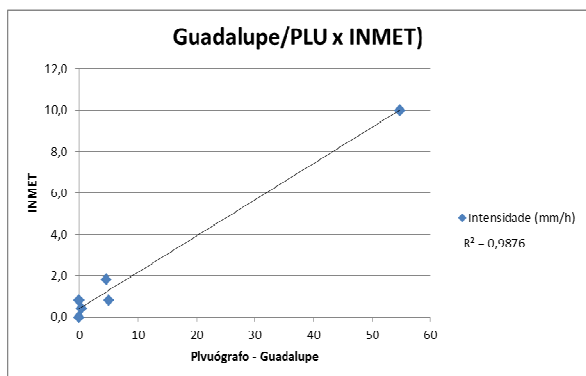


Figura 8 - Grau de correlação entre as estações. Figura 9 – Ietograma do evento.

Tabela 3 – Características do evento entre a estação do INMET e o Pluviômetro da escola Vicente Rondon.

Dia	Estação	Duração (hr)	Precipitação Acumulada (mm)	Intensidade Máxima (mm/h)	Pico (%)
27/02/2013	INMET	5	13,8	10	100
	Plu/Vic. Rondon	4,1	64,8	112	

Evento do dia 21 de março de 2013 – INMET x Guadalupe

Para este evento o pluviômetro do colégio Vicente Rondon obteve melhor grau de correlação linear com os registros da estação do INMET, conforme observado na figura 10. Com pequenas diferenças entre a duração e a precipitação acumulada do evento, a intensidade máxima, ao se analisar a intensidade máxima do evento observa-se que o valor registrado pelo INMET também mascara a intensidade máxima registrada a cada 10 minutos.

Tabela 4 – Características do evento entre a estação do INMET e o Pluviômetro da escola Guadalupe.

Dia	Estação	Duração (hr)	Precipitação Acumulada (mm)	Intensidade Máxima (mm/h)	Pico (%)
21/03/2013	INMET	5	33	23,8	139
	Plu/Vic. Rondon	4,1	43,8	55,2	

Observando a tabela 3 e a figura 11 o valor de intensidade máxima para 10 minutos foi de 55,2 mm/h, enquanto pelo registro horário da estação o INMET foi apenas 23,8 mm/h.

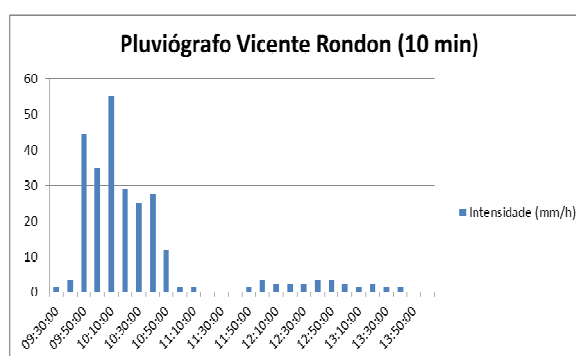
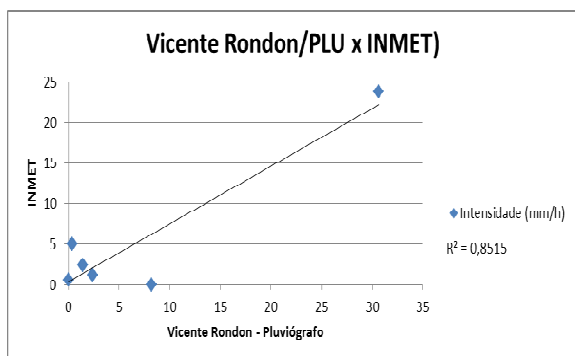


Figura 10 - Grau de correlação entre as estações. Figura 11 – Ietograma do evento.

CONCLUSÕES:

A implantação de uma rede de pluviógrafos voltada ao estudo dos eventos que provocam inundação e alagamentos na área urbana da cidade de Porto Velho possibilitou a análise do comportamento de chuvas convectivas intensas. Dos eventos avaliados, observou-se que em média, a intensidade máxima das chuvas supera acima 100% a média indicada na estação do INMET. Considerando os cuidados ao se correlacionar duas estações para investigar eventos críticos, a análise abordada neste trabalho evidencia que em estudos de eventos críticos, as estações que registram dados a cada 10 minutos representam com mais lealdade às intensidades máximas, sendo a mais indicada para estudos em áreas de captação de água (bacias) onde há predominância de eventos convectivos (curta duração) e cujo tempo de concentração pode ser menor que uma hora. Os estudos irão avançar no sentido de produção das curvas IDF para a cidade de Porto Velho e indicação dos valores adequados de intensidade para dimensionamento da drenagem urbana.

AGRADECIMENTOS:

A pesquisa faz parte do projeto “Desenvolvimento de metodologia para alerta de cheias e inundações na área urbana de Porto Velho (RO)”, e conta com o fomento do CNPq e Ministerio das Cidades, através do Edital/Chamada MCTI/CNPq/MCIDADES N° 11/2012.

REFERÊNCIAS

- BEZERRA, S. F.; DELLA JUSTINA, E. E.; SAMPAIO, S. F.; ARAÚJO M. S. (2012). Diagnóstico, avaliação e monitoramento das áreas de risco na bacia do igarapé Grande - Porto Velho-RO. *Revista Geonorte*, Edição Especial V.1, N.4, p.599 – 611, 2012.
- CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Uso e ocupação do solo e levantamento preliminar dos aspectos ambientais na região de Porto Velho – RO. Porto Velho – RO, 1997.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <http://www.ibge.gov.br>, acessado em 04/2013.
- SANTOS, J. P. Avaliação da qualidade da água na rede hídrica superficial de Porto Velho/RO/Brasil. Janeide Paiva dos Santos, Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho: s.n., 2009. Dissertação – Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente.
- SILVA, M. J. G; SARAIVA, F.A. M; ARAÚJO, M.L.T. (2004). Aspectos climáticos de Porto Velho – Rondônia. In *Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Fortaleza, Set. 2004.
- SOUZA, N. B. M.; CORRÊA, A. C. S.; BERNINI, H. (2011). Classificação de risco em áreas sujeitas à inundação nas bacias urbanas dos igarapés Grande e Santa Bárbara – Porto Velho – RO. In *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Maceió, Nov-Dez. 2011.