

MODELO DIDÁTICO PARA ENSINO DE RESPOSTA HIDROLÓGICA EM UMA PARCELA EXPERIMENTAL

Taís Coutinho Parente¹, Adriana Fantinati Conceição², José Teixeira Filho³

Resumo

A contaminação de águas superficiais e subterrâneas ocorre, principalmente, durante o processo de chuva-escoamento, sendo fundamental analisar o mesmo para compreender a poluição de corpos hídricos ocasionada por diferentes fontes. O objetivo desse trabalho é analisar essa relação de chuva-escoamento em uma parcela experimental de forma didática para diferentes disciplinas da graduação do curso de geografia. Para isso, foram construídos conjuntos experimentais e um sistema de irrigação que possibilitasse a simulação de chuvas. A pressão escolhida foi 2 bar, gerando uma intensidade média de chuva de 25,37 mm h⁻¹ e 33,94 mm h⁻¹ para os conjuntos 1 e 2 respectivamente. Além disso, observou-se uma quantidade mínima para gerar escoamento de 5,9 mm para o conjunto 1, e 5,2 mm para o conjunto 2. Observou-se também forte influência do vento na distribuição das chuvas e no monitoramento da vazão em cada parcela experimental. Com esta proposta, pretende-se aprimorar o processo de ensino-aprendizagem a partir da metodologia de experimentação, possibilitando a aprendizagem significativa e o pensamento crítico em aula.

Palavras-chave: chuva-escoamento, distribuição de chuva, parcela experimental.

Didactic model to teaching hydrological response in an experimental plot

Abstract

Contamination of surface and groundwater occurs mainly during the rain-runoff process, and it is fundamental to understand the pollution of water bodies caused by different sources. The objective of this work is to analyze this relation of rain-flow in an experimental plot by didactic form for different subjects of the geography graduation. For this, experimental sets were constructed and an irrigation system was used to simulate rainfall. The pressure chosen was 2 bar, generating an average rainfall intensity of 25.37 mm h⁻¹ and 33.94 mm h⁻¹ for sets 1 and 2 respectively. In addition, a minimum quantity was observed to generate flow was 5.9 mm for the set 1, and 5.2 mm for the set 2. It was also observed a strong influence of the wind in the distribution of the rains and in the monitoring of the flow in each experimental plot. With this proposal, it is intended to improve the teaching-learning process based on the experimentation methodology, enabling meaningful learning and critical thinking in class.

Keywords: rain-flow, rainfall distribution, experimental plot.

¹ Mestra em Geografia, UNICAMP – Instituto de Geociências, Departamento de Geografia. E-mail: taiscoutinhop@gmail.com

² Mestra em Geografia, UNICAMP – Instituto de Geociências, Departamento de Geografia. E-mail: adriana.fantinati.c@gmail.com

³ Docente da UNICAMP – Faculdade de Engenharia Agrícola, Departamento de Água e Solo. Email: jose@feagri.unicamp.br

1. INTRODUÇÃO

A contaminação de águas, superficiais e subterrâneas, pode ocorrer por meio de poluição difusa (fontes não pontuais) ou por fonte pontual de poluição. A contaminação por fonte pontual é entendida como a poluição em que se consegue identificar facilmente sua origem, como por exemplo, águas residuais de indústrias ou esgotos domésticos. Na poluição difusa, esta pode ocorrer a qualquer momento e não se identifica facilmente o ponto emissor da poluição, como por exemplo, resíduos de agrotóxicos provenientes de práticas agrícolas e que contaminem águas superficiais, principalmente, durante o processo de chuva-escoamento (Liu *et al.*, 2014).

Muitos avanços foram feitos no controle de fontes pontuais de poluição como criação de modelos mitigatórios para determinadas indústrias, restrição na legislação de lançamento de efluentes, medidas de conscientização da população no lançamento de esgoto doméstico, entre outros. Porém, poucas melhorias têm ocorrido no controle da poluição difusa, devido, principalmente, a quantidade de parâmetros envolvidos nas análises e a grande parte desses parâmetros ser sensível ao clima, ao tipo de solo e ao uso da terra (Liu *et al.*, 2014). Com isso, conduzir experimentos de escoamento superficial levando em conta as incertezas dessas variáveis tem sido um desafio (Ulrich *et al.*, 2013).

Neste contexto, houve avanço nos estudos realizados em parcelas experimentais com a finalidade de entender e controlar as variáveis que influenciam os parâmetros utilizados nos modelos. Busca-se simular, em uma menor escala, uma bacia hidrográfica em pequenas parcelas experimentais que tenham condições semelhantes com o objetivo de entender melhor os parâmetros e poder avançar no controle da poluição difusa. Sistemas de simulações de chuva que podem simular diferentes durações e intensidades de chuva têm sido utilizados com maior frequência, reduzindo o tempo experimental (antes relacionado à ocorrência de chuvas “naturais”) e permitindo uma melhor observação da relação chuva-escoamento superficial (Liu *et al.*, 2014).

Em parcelas experimentais há menor influência das condições climáticas e tendem possibilitar uma boa reprodutibilidade, configuração e controle dos parâmetros (Ulrich *et al.*, 2013).

Entre os parâmetros listados para a geração de escoamento superficial têm-se a quantidade de chuva, no qual, devem ser considerados fatores como: intensidade e duração da chuva; condições iniciais de temperatura, vento, umidade do solo, cobertura vegetal, tipo de manejo no cultivo, entre outros (Liu *et al.*, 2014; Sanchez *et al.*, 2015; Xing *et al.*, 2016).

O entendimento da relação chuva-escoamento auxilia em pesquisas sobre a contaminação de corpos hídricos por nutrientes, como fósforo e nitrogênio, e pesticidas, muito utilizados em práticas agrícolas.

As condições de irrigação e precipitação são importantes fatores que determinam o destino ambiental destes compostos, sendo a irrigação uma das principais entradas via atividades antrópicas de nitrogênio e fósforo no solo e na água (Géronimo *et al.*, 2014, Vargas *et al.*, 2016).

O tempo entre aplicação do pesticida e o evento de chuva ou irrigação influencia significativamente a quantidade do composto nas análises de água. Evitar a aplicação de um herbicida cinco dias antes eventos de chuva resultaria em cargas de 98% menores no escoamento de atrazina (Nachimutu *et al.*, 2016). Estudos realizados por Peruzo *et al.* (2008) mostram que há aumento significativo na quantidade de herbicidas com o aumento das chuvas, demonstrando que o movimento do composto está relacionado com o escoamento superficial e a lixiviação.

Nos estudos de chuva é importante analisar a sua distribuição espacial, sendo uma informação importante para diferentes estudos, como em monitoramento ambiental, modelagem hidrológica e produção agrícola (Silva *et al.*, 2011; Mello, 2012; Moraes *et al.* 2013).

Diferentes métodos têm sido utilizados para obtenção da informação da distribuição espacial da chuva. Os dados obtidos em postos pluviométricos fornecem informações pontuais, sendo a densidade e distribuição dos dados obtidos nas estações pluviométricas de grande importância para a qualidade da espacialização (Cunha *et al.*, 2013).

Para representar as áreas onde não se obteve informação pluviométrica é necessário realizar métodos de interpolação para preencher os dados faltantes no espaço. Métodos de interpolação podem ser realizados em sistemas de informação geográfica, sendo possível sobrepor o dado obtido com diferentes planos de informações. Um dos métodos bastante utilizados é o Spline com uso para ajuste de uma superfície de curvatura mínima (Marcuzzo *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2011; Soares *et al.* 2014).

Nesse contexto, percebe-se a importância do ensino de resposta hidrológica de uma bacia hidrográfica, sendo que, ensinar e aprender sobre a relação chuva-escoamento torna-se um desafio em diversos cursos de graduação de geografia, visto que esse processo é, normalmente, de difícil visualização. Desse modo, esse artigo propõe uma metodologia de cunho prático e didático para facilitar o entendimento desta relação em condições específicas, tendo como objetivos: a) entender a relação entre a intensidade de chuva de uma parcela experimental e sua distribuição ao longo da parcela com a geração de escoamento superficial; b) espacializar os dados de precipitação pluviométrica para entender a distribuição da uniformidade da chuva e c) tornar a metodologia aplicável para ensino da relação entre intensidade e uniformidade de chuva com geração de escoamento, facilitando o aprendizado de respostas hidrológicas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) na Unicamp, entre as coordenadas geográficas de latitude $22^{\circ}53'20''S$, longitude $47^{\circ}04'40''W$ e altitude média de 640 metros, fazendo divisa com a Fazenda Argentina, que cultiva cana-de-açúcar destinada a produção de açúcar e álcool (Figura 1), sendo a área de estudo caracterizada por solo tipo latossolo vermelho distroférico do tipo argiloso.

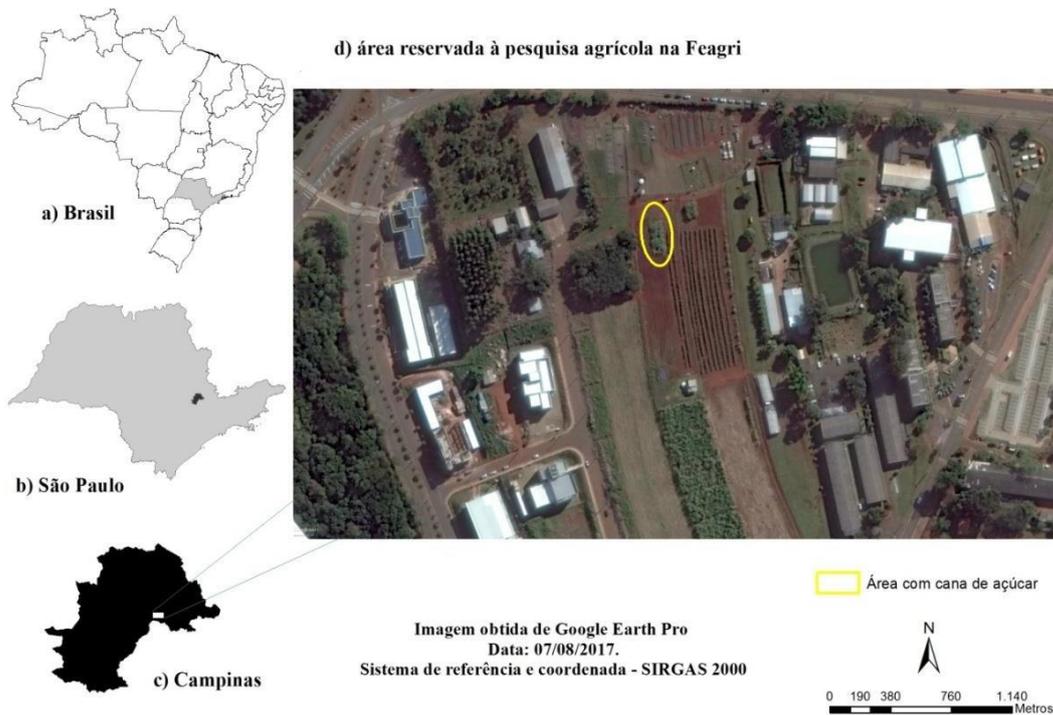


Figura 1. Localização da área de estudo.
Elaboração: autores.

Foram construídas parcelas experimentais na área de estudo que continha cana-de-açúcar de variedade RB867515. No início de abril de 2017, para preparar o solo, foi adicionado Glifosato Atanor 48 (Roundup) em toda a área com pulverizador do tipo Jacto PJ - 401 40 L (Figura 2A), após o efeito do Roundup (Figura 2B), limpam-se as palhas do terreno.

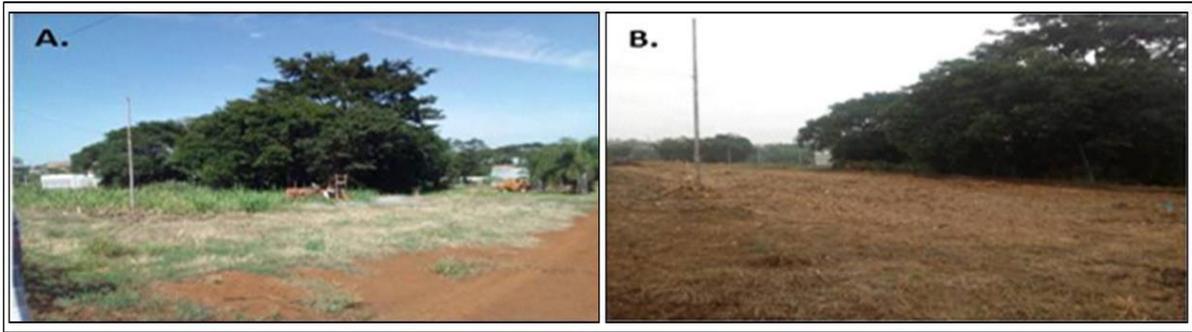


Figura 2 - Aplicação do Roundup na área destinada à parcela experimental e seu efeito, (A) Pulverização do Roundup, (B) Efeito da pulverização.

Fonte: autores.

No início de maio, a terra foi arada por meio de um triturador, usando arado de disco reversível e aiveca. Em seguida, foi passada uma grade para soltar a terra e realizou-se o plantio de nove linhas da cana (Figura 3).

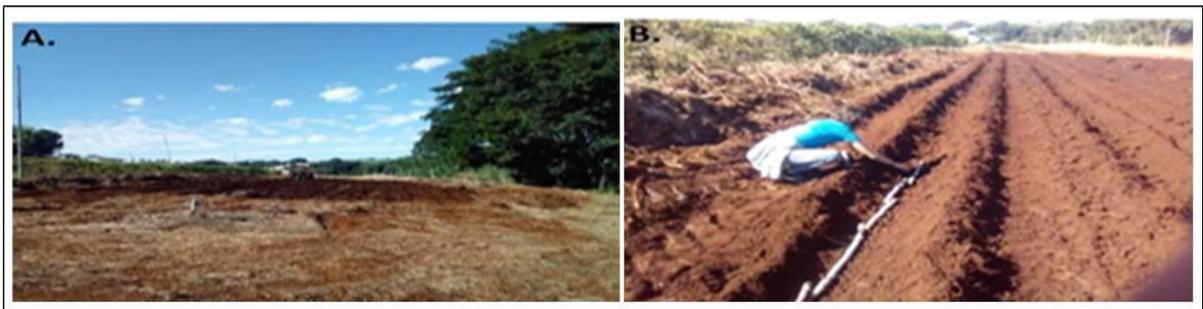


Figura 3 - Preparo do solo e plantio da cana de açúcar (A) Preparo do solo, (B) Plantio da cana de açúcar.

Fonte: autores.

No dia 17/05/2017 dois conjuntos de parcelas experimentais foram finalizados (cada um com três parcelas experimentais), utilizando chapas galvanizadas. A inclinação do conjunto de parcelas 1 e 2 é em torno de 5 %. A chuva simulada foi possível devido a utilização dos aspersores do tipo plástico de impacto 427 ½“ M. giro completo e parcial.

Foram utilizados dois aspersores com diferentes diâmetros de saída de água, sendo que o de diâmetro 3,2 mm suporta vazão de 0,57 a 0,81 m³/h e oferece um diâmetro molhado de 23 a 26 metros, enquanto o de diâmetro 4 mm suporta vazão de 0,85 a 1,18 m³/h e oferece um diâmetro molhado 24 a 28 metros. Para ambos, a pressão de serviço varia de 1,5 a 4 bar. Para medir a pressão de saída da água foi instalado um manômetro Dn63mm com glicerina 0-16bar / 0-240 psi, logo após o hidrante (Figura 4B). No dia 31/05/2017 o sistema de irrigação foi instalado (Figura 4 - A, B, C).



Figura 4 - Posição do manômetro e dos aspersores no conjunto de parcelas experimentais. (A) Manômetro utilizado para medir a pressão de saída da água. (B) Posição do manômetro, (C) Posição dos aspersores nas parcelas experimentais.

Fonte: autores.

Com o objetivo de analisar a distribuição de chuvas, foram instalados 21 pluviômetros no interior e exterior das parcelas experimentais, além de ter sido instalado um sistema de captação de água em cada parcela experimental (Figura 5).

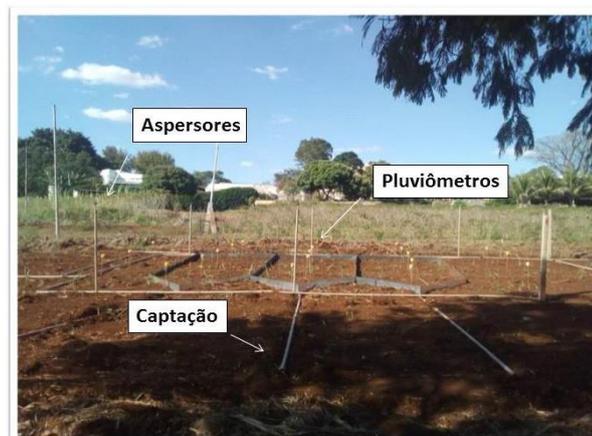


Figura 5 - Instalação dos pluviômetros e do sistema de captação para coleta de amostras.

Fonte: autores.

A área total disponível para o experimento é aproximadamente 800 m^2 ($44,5 \times 18$), cada parcela tem uma área aproximada de 18 m^2 , os aspersores e os pluviômetros foram instalados de maneira a conferir uma análise da uniformidade de chuva ao longo das parcelas (Figuras 6 e 7).

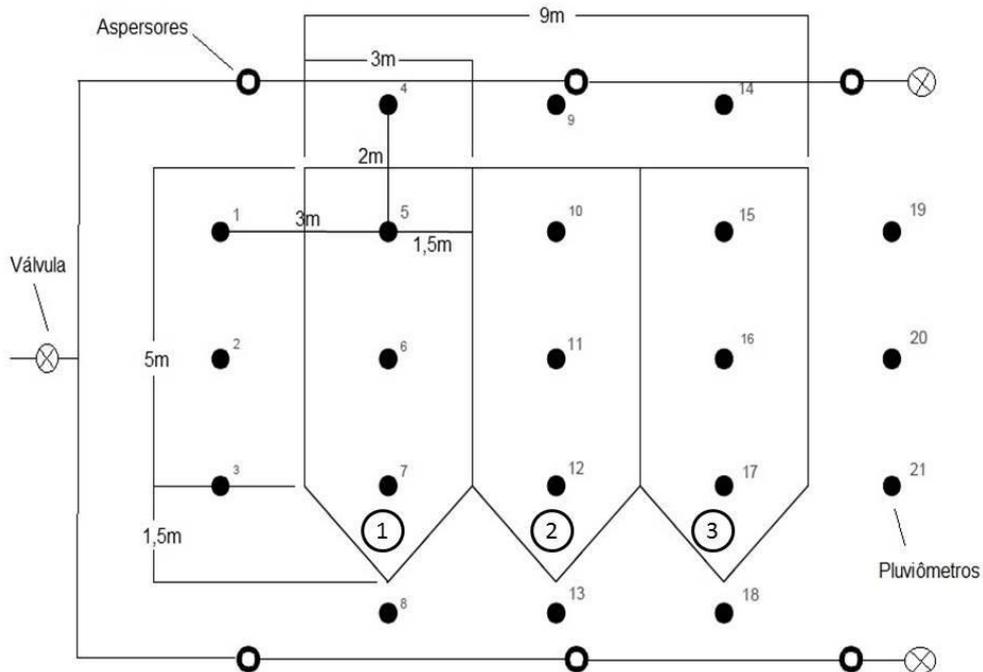


Figura 6 - Esquema da área experimental do conjunto de parcelas experimentais e localização dos pluviômetros e aspersores.
Elaboração: autores.

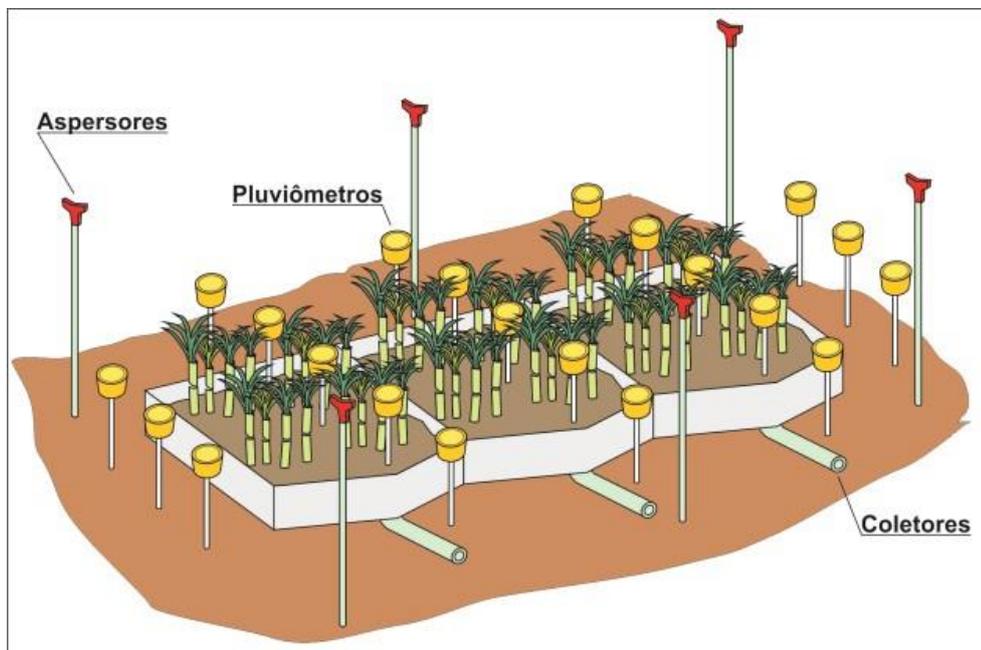


Figura 7 - Ilustração de um conjunto de parcelas experimentais.
Elaboração: autores.

Foram realizados testes com os aspersores em diferentes pressões e diferentes tempos de chuva, e assim, escolher a melhor pressão de trabalho do manômetro. As pressões analisadas foram 1; 1,5; 2 e 3 bar, a duração de chuva foi de 5 minutos e 10 minutos para cada uma das pressões.

Os testes foram realizados com os dois tipos de aspersores, com diâmetros de saída de água de 3,2 mm e 4 mm nos dois conjuntos experimentais, desse modo, pode-se também mudar a intensidade e duração da chuva.

Os resultados de chuva para cada pressão foram especializados e interpolados por meio do software Arcgis 10.5 com auxílio de sistemas de informações geográficas (SIG). Para realizar a espacialização dos dados, os resultados obtidos no campo experimental foram organizados em uma planilha eletrônica contendo coordenadas e dados pluviométricos. A planilha foi importada para o software Arcgis 10.5, sendo criado um arquivo Shapefiles.

Com as estações distribuídas espacialmente foram vetorizados em torno delas a área das bacias com distância de 1 metro das estações. Para interpolação dos dados de chuva utilizou-se o método de Spline presente na extensão 3D Analyst do software ArcView. O método de Spline utiliza pontos fixadores baseados nas localizações dos dados conhecidos, minimizando a curvaturada superfície e tornando-a mais suave (Marcuzzo, 2011).

Finalizado os testes iniciais, foi escolhida a pressão de estudo e, assim, foram realizados dois experimentos para analisar a vazão das parcelas experimentais com relação ao tempo de experimento. As vazões foram medidas a cada 3 minutos e o procedimento foi encher um béquer em 30 segundos e anotar o volume a partir de uma proveta, conforme Figura 8. Liu *et al.* (2014) analisaram escoamento superficial em parcelas de 12 m² e perceberam que a quantidade mínima para escoamento foi 5,1 mm de chuva em uma intensidade de 50 mm/h e uma umidade do solo de 29%.



Figura 8 - Procedimento para medir vazão.
Fonte: autores.

Foram realizados diferentes testes considerando os dois conjuntos experimentais, os dois aspersores, e as diferentes durações e pressões dos eventos de chuva. A Tabela 1 descreve as características de cada teste realizado para os aspersores, sendo o conjunto experimental 1

localizado mais próximo ao hidrante. Os testes para os aspersores de diâmetro de saída de água de 3,2 mm foram realizados em quatro pressões diferentes (1; 1,5; 2 e 3 bar), em tempos de 5 e 10 min, cada um em duplicata.

Tabela 1 – Descrição dos testes iniciais realizados com os aspersores.

Teste	Pressão (bar)	Duração (min)	Diâmetro aspersor (mm)	Conjunto Experimental
1	1	5	3,2	1
2	1	5	3,2	1
3	1	10	3,2	1
4	1,5	5	3,2	1
5	1,5	5	3,2	1
6	1,5	10	3,2	1
7	2	5	3,2	1
8	2	5	3,2	1
9	2	10	3,2	1
10	3	5	3,2	1
11	1	5	4	1
12	1	10	4	1
13	1,5	5	4	1
14	1,5	10	4	1
15	2	5	4	1
16	2	10	4	1
17	3	5	4	1
18	3	10	4	1
19	1	5	4	2
20	1	10	4	2
21	1,5	5	4	2
22	1,5	10	4	2
23	2	5	4	2
24	2	10	4	2
25	3	5	4	2
26	3	10	4	2

Fonte: autores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 mostra os valores para os dois testes realizados em duplicata com 1 bar e 5 minutos, mostrando que não há diferença significativa entre os dois testes, logo, decidiu-se realizar os testes em amostragem única.

Tabela 2 – Valores de chuva para os testes em duplicata 1 e 2.

Teste 1 Valores de chuva (mm)*					Teste 2 Valores de chuva (mm)*				
	1,8	1,2	2,0			1,8	1,2	2,0	
1,0	1,6	1,6	1,6	1,4	1,0	1,6	1,4	1,8	1,2
1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
1,8	1,8	1,8	1,8	1,6	1,6	1,4	1,6	1,6	1,4
	1,6	1,8	1,8			1,6	1,8	1,8	
Chuva média (mm) =				1,6	Chuva média (mm) =				1,5

*Os valores estão especializados de acordo com a numeração dos pluviômetros da figura 7.

Fonte: autores.

Os mapas de distribuição de chuva para esses testes em duplicata foram confeccionados com o objetivo de regular melhor os aspersores (Figura 9).

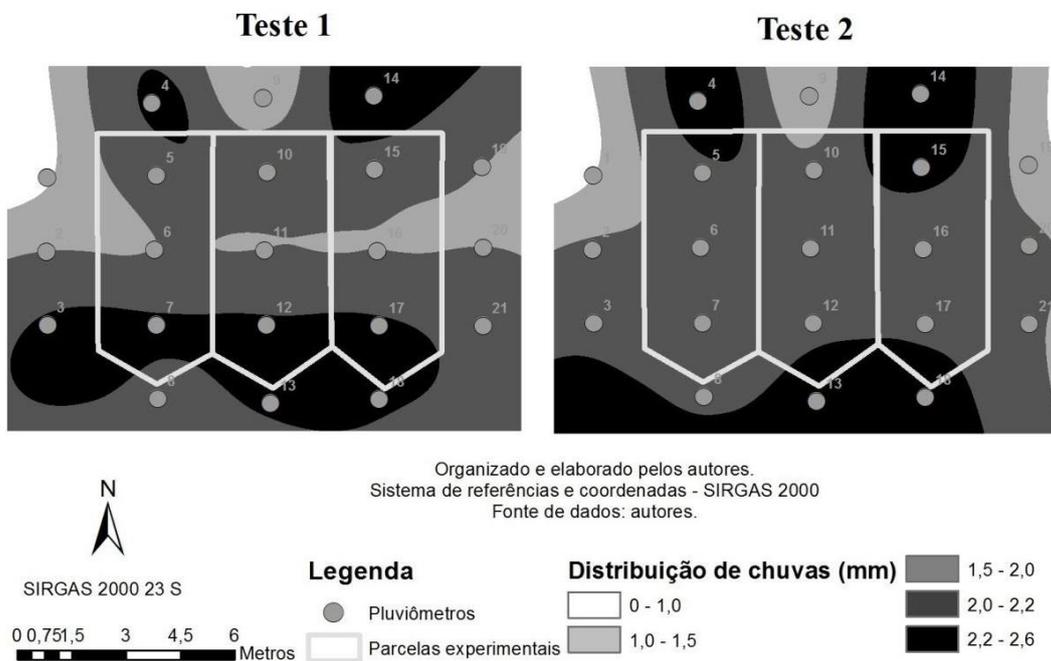


Figura 9 - Distribuição de chuva para os testes 1 e 2 realizados em duplicata.

Os resultados dos testes mostraram que a maior quantidade de chuva que poderia ser alcançada com esses aspersores seria em torno de 4 mm em 10 min de simulação, para a pressão de

3 bar. Desse modo, foram comprados novos aspersores (com diâmetro de 4 mm) com maior diâmetro de saída de água para que fosse atingida uma maior quantidade de chuva.

A Tabela 3 mostra os resultados para os testes realizados com os novos aspersores na pressão de 2 bar em 5 e 10 minutos, realizados no conjunto experimental 2. Percebeu-se que ao duplicar a duração da chuva, duplica-se, aproximadamente, a quantidade de chuva obtida. Foi atingindo uma quantidade de chuva de 5,8 mm em 10 minutos de teste, valor satisfatório para gerar escoamento na área de estudo, segundo a literatura consultada.

Tabela 3 - Resultados de chuva (mm) para a pressão de 2 bar em 5 e 10 minutos com os aspersores de 4 mm de diâmetro.

Teste 23					Teste 24				
Valores de chuva (mm)*					Valores de chuva (mm)*				
	2,2	3,0	3,0			6,3	6,0	5,6	
1,2	2,4	3,0	2,8	3,2	4,2	5,8	6,0	5,8	6,0
1,4	2,8	2,8	2,8	3,2	4,6	5,2	5,8	5,6	5,5
1,2	2,6	3,4	3,0	3,6	5,4	6,2	6,5	6,0	6,2
	1,4	2,6	2,0			6,3	5,6	6,0	
Chuva média (mm) =				2,8	Chuva média (mm) =				5,8

*Os valores estão especializados de acordo com a numeração dos pluviômetros da figura 7.

Fonte: autores.

Desse modo, foi escolhida a pressão de 2 bar para realizar as simulações das chuvas. Em seguida, foram feitos dois experimentos de vazão para cada parcela experimental nos dois conjuntos. Depois que os aspersores eram desligados, a vazão era coletada até que não houvesse mais escoamento. A Figura 10 mostra a vazão pelo tempo para o conjunto 1 de parcelas experimentais, enquanto a Figura 11 mostra para o conjunto 2.

Para o conjunto 1, o tempo de experimento foi de 73 minutos, a intensidade média de chuva foi de 25,37 mm/h e a quantidade de chuva foi de 30,9 mm, com desvio padrão de 4,7 %, sendo a quantidade mínima para gerar escoamento igual a 5,9 mm. Para o conjunto experimental 2, o tempo de experimento foi de 53 minutos, a intensidade média de chuva obtida foi de 33,94 mm/h e a quantidade de chuva foi de 30 mm, com desvio padrão de 8,9%, sendo a quantidade mínima para gerar escoamento igual a 5,1 mm. O estado estacionário é atingindo em torno de 22 minutos para o conjunto experimental 1 e 19 minutos para o conjunto experimental 2.

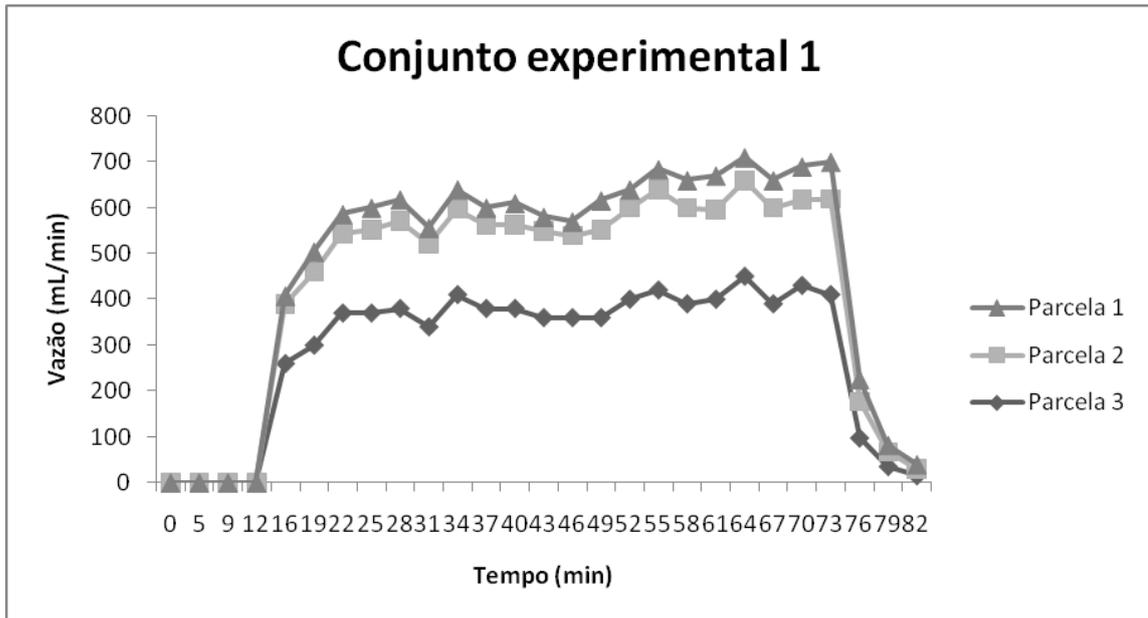


Figura 10 – Vazão por tempo para o conjunto 1 de parcelas experimentais.
Fonte: autores.

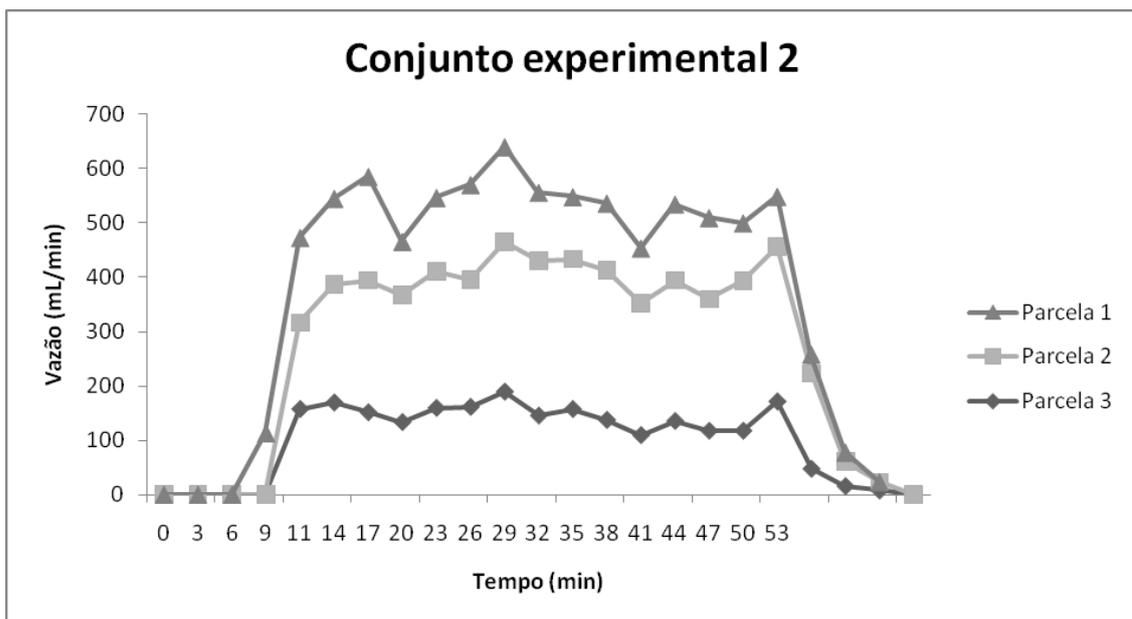
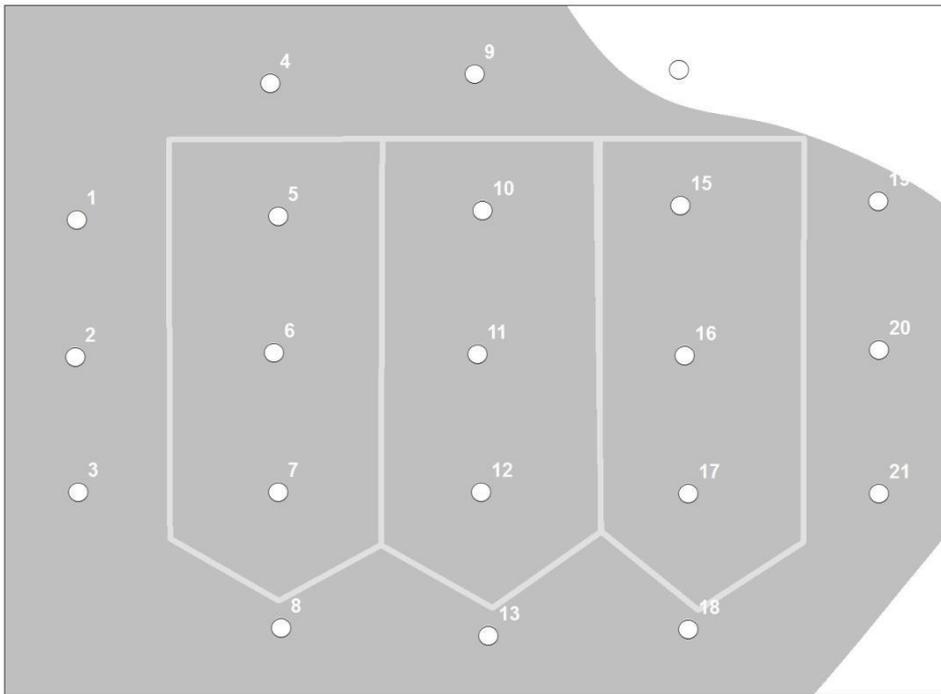


Figura 11 - Vazão por tempo para o conjunto 2 de parcelas experimentais
Fonte: autores.

Em seguida, é apresentado na Figura 12 a distribuição de chuva para esses dois experimentos.

Conjunto de parcelas 1



Conjunto de parcelas 2



Organizado e elaborado pelos autores.
 Sistema de referência e coordenadas - SIRGAS 2000.

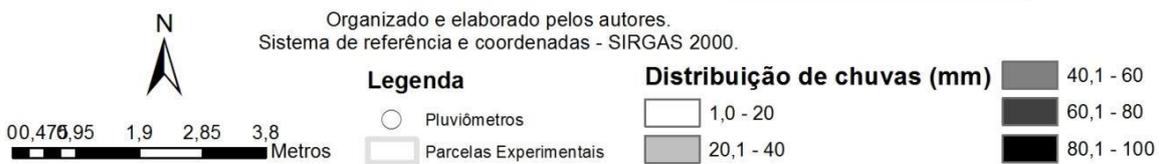


Figura 12 - Distribuição de chuvas para os experimentos de vazão realizados no conjunto 1 e 2.

Observa-se que a quantidade de chuva mínima necessária para gerar o escoamento foi semelhante nos dois conjuntos de parcela experimental, mesmo que os experimentos tenham sido realizados em dias diferentes (10 e 11 de agosto de 2017). Isso pode ser explicado por ter havido uma umidade do solo relativamente igual nos dois dias do experimento, visto que o escoamento superficial ocorre no momento em que há o encharcamento do solo.

Por meio das Figuras 10, 11 e 12, e pela diferença no valor de desvio padrão obtido nos dois conjuntos experimentais, percebe-se a influência do vento na distribuição de chuva e vazão de escoamento, como já mencionado por Xing *et al.* (2016).

Na Figura 12, conjunto de parcelas 1, observa-se que há boa uniformidade na distribuição de chuvas em comparação com o conjunto de parcelas 2, que possui desvio padrão aproximadamente duas vezes maior. Esse desvio explica a concentração de chuva próximo à parcela 1, havendo pouca intensidade de chuva para as parcelas 2 e 3, devido a intensidade do vento forte nesse dia do experimento. Desse modo, ao observar o gráfico da Figura 11, percebe-se valor inferior (5 vezes menor que a parcela 2, e 6 vezes menor que a parcela 1) de vazão para a parcela 3.

Como visto na literatura, diferentes parâmetros influenciam na resposta hidrológica de um sistema. Neste trabalho, pode-se observar que a intensidade do vento tem relação direta com a distribuição de chuvas no sistema e, conseqüentemente, com a vazão de escoamento.

A experimentação é uma prática pedagógica defendida por diferentes autores no ensino de ciências naturais, principalmente nas disciplinas de química, física e biologia. Porém, nota-se a importância dessa metodologia em todas as áreas de conhecimento, inclusive na geografia, pois quando se consegue relacionar o que é visto na teoria com a prática ocorre uma melhor assimilação do conteúdo (Ávila *et al.*, 2017).

Desse modo, recomenda-se a exposição prévia do conteúdo em sala de aula, onde ocorre a possível formação de subsunçores, seguida de aula prática com visita às parcelas experimentais, possibilitando a aprendizagem significativa (Vasconcelos, 2003).

4. CONCLUSÕES

O processo de ensino-aprendizagem pode, sempre que possível, ser aprimorado a partir de metodologias que motivem o estudante a participar da aula. A experimentação possibilita a aprendizagem significativa, onde o aluno consegue formar subsunçores e assimilar melhor o conteúdo.

O experimento proposto nesse trabalho objetivou entender a relação da chuva-escoamento com a vazão em parcelas experimentais, possibilitando a aplicação deste conhecimento em estudos de contaminação de corpos hídricos. Desse modo, observa-se também a possibilidade de formação crítica do indivíduo.

A chuva média e a vazão foram comparadas em dois conjuntos experimentais, sendo que a quantidade necessária para gerar escoamento foi de 5,9 mm e 5,1 mm para o conjunto 1 e 2, respectivamente. As condições iniciais para os dois conjuntos foram semelhantes, o que explica a aproximação nos dois valores medidos. O desvio padrão para o conjunto 2 foi aproximadamente o dobro para o conjunto 1, devido principalmente à alta intensidade do vento no dia do experimento.

A interpolação por meio do método Spline forneceu mapas de distribuição de chuva graduais e suaves, contribuindo para a análise da relação de chuva-escoamento.

Nesta proposta, é possível que o estudante compreenda a teoria, aprenda com a prática e visualize o tratamento dos dados que confirmam o pensamento teórico aprendido. Desse modo, espera-se o avanço no processo de aprendizagem e na motivação do aluno.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP e a CAPES pelas bolsas de mestrado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVILA, S.G.; MATOS, J.R. Compostos coloridos do ferro: uma proposta de experimentação utilizando materiais de baixo custo. **Educación Química**, v. 28, 254-261, 2017.

CUNHA, A.M.; LANI,J.L.; SANTOS, G.R.; FERNANDES FILHO, E.I.; TRINDADE, F.S.; SOUZA.E. Espacialização da precipitação pluvial por meio de krigagem e cokrigagem. **Pesq.agropec. bras., Brasília**, v.48, n.9, p.1179-1191, 2013.

GAYNER, J.D.; NG, H. Y. F.; TAN, C.S.; DRURY, C.F. Dissipation and loss of atrazine and metolachlor in surface and subsurface drain water: a case study. **Wat. Res.** Vol. 29, No. 10, p. 2309-2317, 1995.

GERONIMO, E.; APARICIO, V.C.; BARBARO, S.; PORTOCARRERO, R.; JAIME S.; COSTA, J.L. Presence of pesticides in surface water from four sub-basins in Argentina. **Chemosphere**, v. 107, p. 423–431, 2014.

LIU, R.; WANG, J.; SHI, J.; CHEN, Y.; SUN, C.; ZHANG, P.; SHEN, Z. Runoff characteristics and nutrient loss mechanism from plain farmland under simulated rainfall conditions. **Science of the Total Environment**, p. 1069–1077, 2014.

MARCUZZO, F.F.N.; ANDRADE, L.R.; MELO, D.C.R. Métodos de interpolação matemática no mapeamento de chuvas do Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, n.4 p. 793-804, 2011.

MELLO, C.R.; VIOLA,M.R.; CURI,N.; SILVA, A.M. Distribuição espacial da precipitação e da erosividade da chuva mensal e anual no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol.36, n.6, p.1878-1891, 2012.

MORAES, C.M.; PEREIRA, G.; CARDOZO, F. S. Avaliação da precipitação e sua influência sobre as áreas inundadas no Pantanal. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBSR 2013. p. 7216 – 7224.

NACHIMUTHU, G.; HALPIN, N. V.; BELL, M.J. Effect of sugarcane cropping systems on herbicide losses in surface runoff. **Science of the Total Environment**, v. 557–558, p. 773–784, 2016.

PERUZZO, P.J.; PORTA, A.A.; RONCO, A.E. Levels of glyphosate in surface waters, sediments and soils associated with direct sowing soybean cultivation in north pampasic region of Argentina. **Environmental Pollution**, v. 156, p. 61-66, 2008.

SANCHEZ, M.V.; LE BISSONNAIS, Y; MOUSSA, R. ; RAPIDEL, B. Temporal dynamics of runoff and soil loss on a plot scale under a coffee plantation on steep soil (Ultisol), Costa Rica. **Journal of Hydrology**, v. 523, p. 409–426, 2015.

SILVA, K.R.; CECÍLIO, R.A.; XAVIER, A.C.; PEZZOPANE, J.R.M.; GARCIA, G.O. Interpolação Espacial da Precipitação no Estado do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v.18, n.4, p.417-427, 2011.

ULRICH, U.; DIETRICH, A.; FOHRER, N. Herbicide transport via surface runoff during intermittent artificial rainfall: A laboratory plot scale study. **Catena**, v. 101, p. 38–49, 2013.

VARGAS, D.; RUIZ, O. G.; ALVAREZ, J.F. Agriculture, Ecosystems and Environment Fertilising techniques and nutrient balances in the agriculture industrialization transition : The case of sugarcane in the Cauca river valley (Colombia), 1943 – 2010. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 218, p. 150–162, 2016.

VASCONCELOS, C.; PRAIA, J.F.; ALMEIDA, L.S. Teorias de aprendizagem e o ensino/aprendizagem das ciências: da instrução à aprendizagem. **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 7., n.1, p. 11-19, 2003.

XING, W.; YANG, P.; REN, S.; AO, C.; LI, X.; GAO, W. Slope length effects on processes of total nitrogen loss under simulated rainfall. **Catena**, v. 139, p. 73–81, 2016.