

USO DA SARND BOX PARA A REPRESENTAÇÃO DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL EM DIFERENTES FORMAS DE VERTENTE E SEUS POSSÍVEIS IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS

Costa Abreu Lopes, F. (IFSP) ; Watzeck Ciavareli, C.V. (IFSP) ; Francisco Rocha, A.L. (IFSP) ; Sousa da Silva, E. (IFSP) ; dos Santos Garcias, D. (IFSP)

RESUMO

As tecnologias têm sido cada vez mais procuradas como ferramentas educacionais na atualidade, seja por permitir uma aproximação maior com os estudantes ou facilitar a representação de fenômenos que se tornam muito abstratos quando representados com as metodologias tradicionais de ensino. Esse trabalho faz uso da SARndbox como instrumento de operacionalização de metodologias ativas na educação, a exemplo do Desenho Universal para Aprendizagem e da teoria de Estilos de Aprendizagem, para explorar a relação da água com o relevo. O uso da SARndbox permitiu o desenvolvimento de um cenário com a representação do escoamento superficial em diferentes formas de relevo, trabalhando suas diferentes origens e discussões sobre as consequências ambientais e socioeconômicas resultantes do excesso de fluxo hídrico em vertentes. Em comparação com os métodos tradicionais, o uso da SARndbox permitiu uma compreensão muito melhor por parte dos estudantes e uma nova aplicação da ferramenta para educadores.

PALAVRAS CHAVES

Geografia; SARndbox; Ensino; Metodologias Ativas; Escoamento Superficial

ABSTRACT

Technologies have been increasingly in demand as educational tools nowadays, either because they allow a closer relationship with students or facilitate the representation of phenomena that become very abstract when using traditional teaching methodologies. This work uses the SARndbox as an instrument for operationalizing active methodologies in education, such as Universal Design for Learning and the theory of Learning Cycles to explore the relationship between water and relief. The use of the SARndbox allowed the development of a scenario with the representation of surface runoff in different forms of relief, permitted working on its different origins and discussions on the environmental and socioeconomic consequences resulting from excess water flow on slopes. Compared to traditional methods, the use of SARndbox allowed for a much better understanding of the subject by students and a new tool for educators.

INTRODUÇÃO

Muito se fala sobre impactos causados pela relação entre água e relevo. Esse assunto se torna cada vez mais relevante conforme seus impactos socioeconômicos ganham maiores dimensões com a intersecção cada vez mais comum entre adensamento urbano, falta de políticas públicas e grandes eventos de precipitação. Não faltam exemplos em nossa sociedade de como essa receita tende a efeitos desastrosos, como os ocorridos no estado de São Paulo no verão de 2023 e tantos outros que, infelizmente, são recorrentes nas áreas serranas povoadas no Brasil e no Mundo. Uma maneira de alertar a população é através da educação. Nesse sentido, a Geografia e a Geomorfologia têm protagonismo propiciando explicações da interação entre ambiente e sociedade, porém a dificuldade é o modo de transmitir essa mensagem do jeito mais didático possível. Nesse contexto que novas tecnologias e métodos de ensino são inseridos nos ambientes escolares, a exemplo do Desenho Universal para Aprendizagem (DUA), os Estilos de Aprendizagem (KOLB, 1976) e a SARndbox (REED et al, 2014), que podem se relacionar para que os resultados em sala de aula sejam mais eficientes na representação do comportamento da água sobre o relevo e suas possíveis consequências. A interação do relevo com o escoamento determinará sua origem entre Hortoniano (HORTON, 1933), Dunneano (DUNNE; BLACK, 1970), e seu comportamento entre laminar ou turbulento de acordo com sua rugosidade e obstáculos presentes no terreno. Diversos trabalhos recentes estudaram o

comportamento dos escoamentos superficiais em bacias hidrográficas, a exemplo de Holanda et al (2015), Júnior et al (2017) e Souza e Corrêa (2019), o que mostra sua importância, porém tal relevância é muito difícil de ser representada em salas de aula e muitas vezes fica restrita aos laboratórios e grupos de pesquisas. Assim, é necessária uma abordagem mais ativa para inserir esse conhecimento de modo mais prático e compreensível para estudantes de diferentes níveis de ensino por meio de métodos como, por exemplo, o uso da SARndbox e metodologias ativas. Metodologias ativas são amplamente utilizadas no contexto educacional brasileiro para descrever uma abordagem de ensino que tem como objetivo envolver ativamente os estudantes no processo de aprendizagem. Segundo Masetto (2018), as metodologias ativas podem ser definidas como um conjunto de práticas pedagógicas que envolvem o aluno de forma ativa, favorecendo a construção de conhecimentos, habilidades e valores. O Desenho Universal para a Aprendizagem foi baseado nos trabalhos do arquiteto Ronald Mace e desde então modificado e usado como base por teóricos da educação. Este método consiste em usar mídias e tecnologias digitais para apoiar o desenvolvimento educacional do estudante e assim conseguir abarcar o maior número de particularidades possíveis e propiciar um ensino mais eficiente. A ideia de Estilos de Aprendizagem foi desenvolvida por David Kolb (1976). Ele consolidou a teoria de que se pode desenvolver um ciclo de aprendizagem experiencial baseado nas atitudes e sentimentos da pessoa quando se está aprendendo. Este ciclo apresenta quatro habilidades de aprendizagem: experiência concreta, observação reflexiva, conceitualização abstrata e experimentação ativa. Essas e outras metodologias têm sido amplamente utilizadas no Brasil em diversos níveis de ensino e têm sido associadas a uma série de benefícios para os estudantes, como mostrado por Paiva et al, (2016), que pontuam que as metodologias ativas podem contribuir para o desenvolvimento de habilidades como a criatividade, a resolução de problemas e o trabalho em equipe, além de aumentar o engajamento dos estudantes no processo de aprendizagem. Baseado no exposto acima, o objetivo desse trabalho foi a aplicação da SARndbox como instrumento de ensino para facilitar a compreensão do comportamento da água em diferentes formas de relevo e assim estabelecer discussão sobre suas origens e consequências para o ambiente e a sociedade.

MATERIAL E MÉTODOS

A realização desse trabalho consistiu no planejamento e consolidação das seguintes etapas: 1° - Estudo sobre escoamento superficial e forma do relevo; 2° - Montagem do cenário na SARndbox para a representação adequada de escoamento superficial em diferentes planos e perfis de curvatura; 3° - Gravação e edição de vídeo para ser usado em salas de aula; 4° - Montagem de material didático. Os estudos foram realizados pelos estudantes, orientados pelo professor mediador e iniciados por meio de exemplos de impactos socioeconômicos resultantes da interação da água com o relevo (movimentos de massa ocorridos no litoral norte de São Paulo em 2023). A partir disso, com uso de imagens e vídeos publicados na imprensa e em redes sociais, foi possível estabelecer a relação entre a forma da vertente, as áreas onde ocorreram os maiores impactos e o escoamento superficial. Com a base teórica montada, foi idealizado um cenário (a ser montado na SARndbox) onde um relevo apresentasse uma face com curvaturas côncavas enquanto a outra oposta mostraria curvatura convexa. Usando a SARndbox, foi possível simular o escoamento superficial nas duas vertentes e verificar como o fluxo hídrico se comportava na curvatura côncava, evidenciando sua concentração na vertente, enquanto do lado com curvatura convexa ocorria sua divergência. Até que o cenário fosse considerado finalizado, foram realizados testes com diferentes tamanhos de modelado de relevo na areia da SARndbox e diferentes intensidades de curvatura para se alcançar uma melhor representação do fluxo hídrico, que ficasse o mais didático possível para os estudantes compreenderem a influência da forma da vertente no comportamento do escoamento superficial. Foram adicionadas ferramentas didáticas ao cenário representando moradias e vegetação, a fim de mostrar que dependendo da posição desses elementos, eles podem estar mais ou menos susceptíveis aos impactos causados pela presença da água em uma encosta. Com o cenário estabelecido após testes e finalizações dos materiais, foram realizadas gravações de diferentes ângulos e criada uma página de instrução com uma breve introdução, sugestão de aplicação e link para o acesso ao vídeo em canal do YouTube.

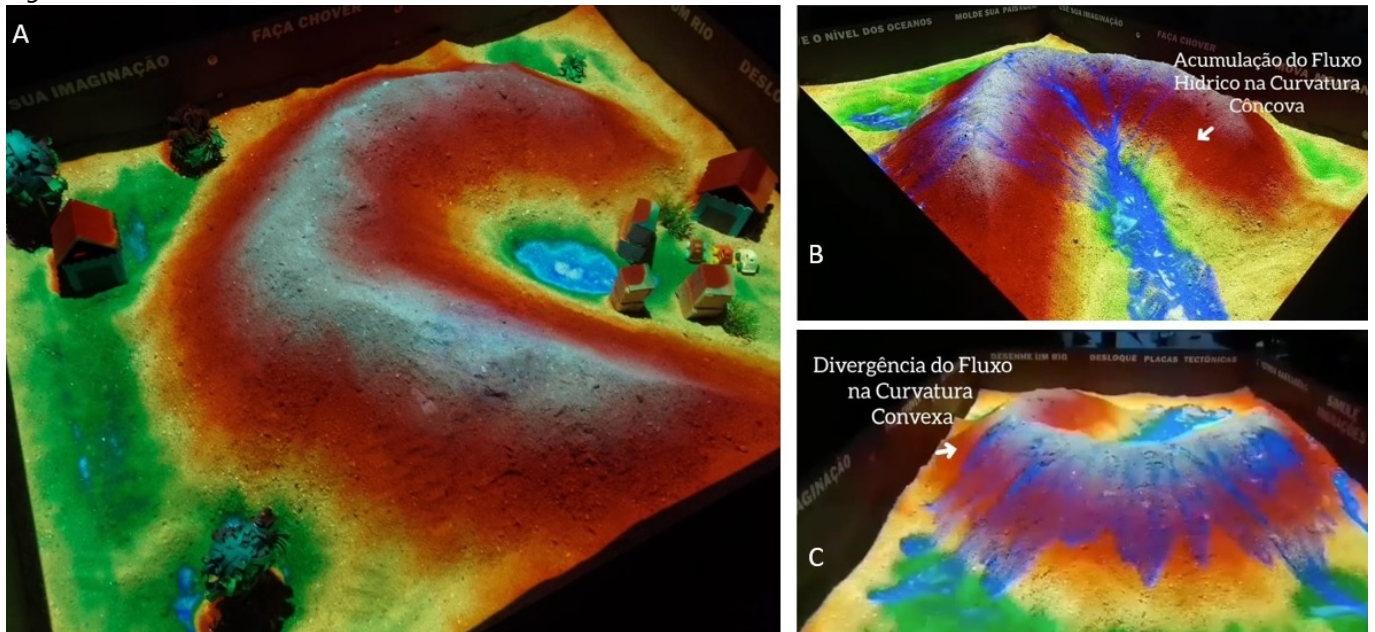
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o desenvolvimento do cenário, inicialmente as representações das curvaturas côncava e

convexa foram o foco da atenção da simulação. A preocupação em representar a concentração ou divergência do fluxo hídrico de maneira didática fez com que um modelado de relevo fosse feito na areia da SARndbox com o formato de uma duna parabólica (Figura 1). Dessa maneira foi possível representar na mesma estrutura o diferente comportamento do escoamento superficial nos dois tipos de curvatura (côncava e convexa) apenas simulando a água de um lado ou de outro do relevo. Essa forma também facilitou a filmagem, já que tudo pôde ser feito com uma única estrutura de relevo em vez de realizar uma construção para a representação de cada tipo de curvatura. A simulação da água na SARndbox pode ser feita de algumas maneiras diferentes. A mais comum é usando a própria mão como se fosse uma nuvem, o local do posicionamento da mão sobre a caixa é entendido pelo sistema como onde a água deve ser simulada. Outras duas maneiras são simular a água sobre o cenário inteiro de uma vez (usando a ferramenta manage water) ou simular a água apenas onde se encontra a seta do mouse com a ferramenta manage water locally. Entre as ferramentas apresentadas, a que obteve melhores resultados foi a última, já que a primeira prejudicava a filmagem devido à sombra criada sobre o cenário pela mão da pessoa responsável pela simulação e a segunda simulava a água sobre o cenário todo de uma única vez diminuindo a atenção dos estudantes para a interação da água em cada uma das curvaturas individualmente. O uso da ferramenta manage water locally permitiu a simulação da água primeiro na vertente com curvatura côncava e depois na vertente com curvatura convexa proporcionando a análise separada de cada uma e o desenvolvimento da discussão sobre o comportamento do escoamento superficial e suas possíveis consequências ambientais e/ou socioeconômicas em regiões com essa configuração, a exemplo dos eventos ocorridos no litoral norte de São Paulo no início do ano de 2023 (Figura 2). O experimento com o cenário permitiu a representação do escoamento superficial de modo bem sucedido e sua variação com a curvatura da vertente se mostrou muito didática. A representação do escoamento foi condizente com o escoamento Hortoniano (HORTON, 1933), já que a SARndbox não é capaz de simular o escoamento subterrâneo de modo a permitir a representação do método Dunneano (DUNNE; BLACK, 1970) de modo satisfatório. O escoamento superficial Hortoniano é um fenômeno hidrológico que ocorre quando a taxa de precipitação excede a taxa de infiltração do solo, fazendo com que a água se acumule na superfície e comece a se mover em direção aos canais de drenagem. A representação desse tipo de escoamento na SARndbox permite discussões de temas comuns, tal qual a impermeabilização do solo por superfícies duras como asfalto, concreto e telhados, que pode aumentar significativamente a quantidade de escoamento, reduzindo a capacidade de infiltração da água (NUNES e ROSA, 2020). Tanto em áreas urbanas quanto rurais, o escoamento superficial Hortoniano pode estar atrelado à ocorrência de uma série de impactos socioeconômicos, como inundações (STOMPH et al, 2002), erosão do solo, assoreamento de rios e córregos, e transporte de poluentes para as áreas de drenagem. Para gerenciar adequadamente o escoamento superficial em áreas urbanas e rurais, diversas técnicas de controle de águas pluviais têm sido desenvolvidas. Entre elas, destacam-se a pavimentação permeável, os telhados verdes, as bacias de retenção e os sistemas de infiltração, que visam aumentar a capacidade de infiltração da água no solo e reduzir a quantidade de água que chega aos canais de drenagem (BRECKENFELD, 2019). Todos esses conceitos discutidos acima são trabalhados em salas de aula de diversos níveis educacionais, porém com um nível muito grande de abstração para os estudantes quando utilizadas apenas as metodologias de ensino tradicionais. Nesse sentido os resultados das simulações atrelados às análises dos ocorridos no litoral norte de São Paulo estão diretamente atrelados às metodologias ativas como colocado por Masetto (2018), já que os estudantes assumiram o protagonismo desde o estudo do tema até a montagem e execução do cenário. Isso permitiu o exercício de diferentes percepções e modos de aprender para chegar a um objetivo comum, indo ao encontro das ideias da teoria dos Estilos de Aprendizagem (KOLB, 1976) e fazendo uso de ferramentas tecnológicas que tornam o ensino mais acessível, como preconizado pela ideia do Desenho Universal de Aprendizagem (DUA). Além disso, foi muito explícito a mudança de percepção dos estudantes envolvidos sobre o tema, o que converge para as constatações de Paiva et al. (2016), que colocam as metodologias ativas como uma ponte para o desenvolvimento de diferentes características dos estudantes, que variam da criatividade à resolução de problemas. Visando a réplica desse trabalho por outras(os) educadores e estudantes, juntamente com o vídeo do cenário finalizado e disponibilizado on-line (que pode ser acessado pelo QR Code na Figura 3), uma página explicativa foi desenvolvida (Figura 3). Essa página traz uma breve introdução ao tema, indicações

de níveis educacionais e disciplinas que poderiam trabalhar a proposição do cenário, assim como exemplos de propostas educacionais que podem ser usadas em sala de aula. Essa página faz parte de uma apostila que compreende vários outros cenários didáticos desenvolvidos pela equipe do Laboratório Multidisciplinar do IFSP - Câmpus Jundiaí para uso na SARndbox.

Figura 1



(A): Relevo em formato de duna parabólica. (B): simulação do escoamento em curvatura côncava. (C): simulação do escoamento em curvatura convexa.

Figura 3

**TÍTULO DO CENÁRIO:
ESCOAMENTO SUPERFICIAL E
FORMA DE VERTENTE**



TEMA ABORDADO:

O cenário trabalha a influência de diferentes formas de vertente, com foco para as curvaturas côncavas e convexas, e suas relações com a configuração do escoamento superficial. O resultado deixa evidente a concentração do fluxo hídrico nas curvaturas côncavas e a sua divergência nas curvaturas convexas.

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES:

As competências e habilidades relacionadas com as Ciências Humanas e e as Ciências da Natureza e suas tecnologias se encaixam nesse cenário. Em especial:

Ciências Humanas: EM13CHS502, EM13CHS304, EM13CHS206 e EM13CHS204.

Ciências da Natureza: EM13CNT205, EM13CNT206 e EM13CNT207

ÁREAS DE APLICAÇÃO:

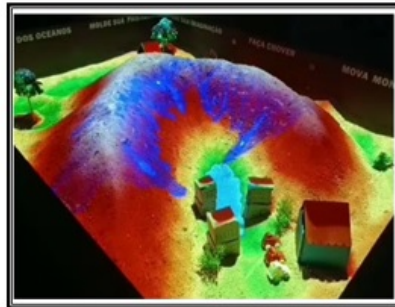
O cenário pode ser aplicado nas seguintes disciplinas do ensino básico:

- Ciências, Geografia e Sociologia.

Além de disciplinas integradoras e articuladoras que abordem o tema.

PROPOSTAS EDUCACIONAIS:

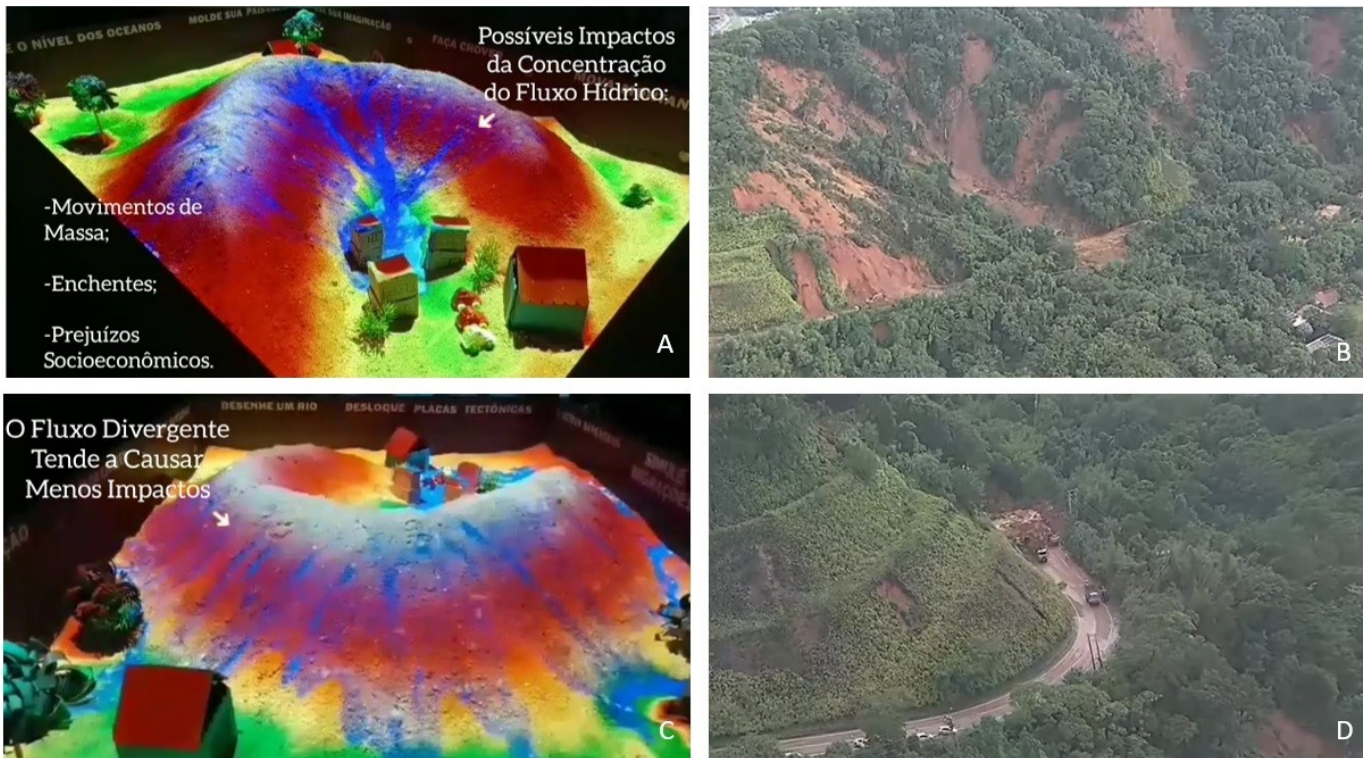
- Mostrar como diferentes formas de relevo podem influenciar no fluxo de água;
- Identificar locais mais propícios à formação de canais de drenagem;
- Discutir possíveis eventos de movimentos de massa e erosão na encosta;
- Contextualizar evolução da paisagem;
- Apresentar os conceitos de áreas de risco e vulnerabilidade das moradias próximas às encostas.



Autoria: Equipe do projeto SARndbox IFSP Jundiá – 2023.

Para acessar o vídeo relativo a esse cenário, escaneie o QR Code ao lado.





(A): Fluxo em vertente côncava e impactos (B): Movimentos de massa em vertente côncava (C): fluxo em vertente convexa (D): Imagem de curvatura convexa

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados iniciais, utilizando a SARndbox para o melhor entendimento da influência da forma da vertente sobre o comportamento do escoamento superficial, apresentaram um efeito muito positivo na representação do fenômeno, tornando-o muito mais compreensível para os estudantes participantes e para outras(os) que acompanharam seu desenvolvimento. O uso dessa ferramenta em sala de aula se enquadra perfeitamente com as ideias das metodologias ativas e permite diversificar o modo como as informações são passadas de educadores para estudantes. Temas mais abstratos, que seriam um obstáculo a mais no processo de ensino- aprendizagem, a exemplo das formas de vertente e do escoamento superficial e suas consequências, se tornaram mais compreensíveis com o uso da SARndbox aliado ao estudo de caso do episódio de precipitação extrema ocorrido no litoral norte de São Paulo no início de 2023. As metodologias ativas no ensino utilizadas aqui permitiram a imersão dos estudantes no tema e foram potencializadas pelo uso da SARndbox, o que ajudou a abrir horizontes para futuras ideias de sua aplicação em diferentes níveis educacionais.

AGRADECIMENTOS

A equipe agradece ao Laboratório Multidisciplinar do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Câmpus Jundiaí pela viabilização e apoio à realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

BRECKENFELD, K. A. A. Eficiência de telhados verdes no controle da geração do escoamento superficial em áreas urbanas por meio de modelagem hidrológica. - Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Natal, 2019. 74p.

DUNNE, T.; BLACK, R.D. Partial Area Contributions to Storm Runoff in a Small New England Watershed. *Water Resour. Res.* v. 6, n. 5, p. 1296-1311, 1970. <https://doi.org/10.1029/>

WR006I005P01296.

HOLLANDA, M. P.; CECÍLIO, R. A.; CAMPANHARO, W. A.; ZANETTI, S. S.; ANDRADE, L. N.; GARCIA, G. O. Avaliação do TOPMODEL na estimativa do escoamento superficial em microbacia hidrográfica em diferentes usos. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* v.19, n.5, 2015.
<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n5p489-496>.

HORTON, R.E. The Role of Infiltration in the Hydrologic Cycle. *Transactions of the American Geophysical Union*, v. 14, p. 446-460, 1933. <http://dx.doi.org/10.1029/TR014i001p00446>.

JUNIOR, M. A. S.; OLIVEIRA, J. N.; FELIZARDO, L. M.; ZAMBRANO, K. T. Modelagem hidráulica do escoamento superficial com a utilização do sig: o exemplo de ilha solteira-sp. In: XXII SBRH - Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2017, Florianópolis. ISSN: 2318-0358.

KOLB, D. A. *Learning Style Inventory Technical Manual*. Boston. McBer and Company, 1976. 45p.

MASETTO, M. T. Metodologias ativas no ensino superior: para além da sua aplicação, quando fazem a diferença na formação de profissionais?. *e-Curriculum*. vol. 16, n. 3, p. 650-667. 2018.
<https://doi.org/10.23925/1809-3876.2018v16i3p650-667>.

NUNES, E. D.; Rosa, L. E. Compactação e impermeabilização do solo e implicações nos canais fluviais urbanos. *Mercator*, v.19 , 2020. <https://doi.org/10.4215/rm2020.e19023>.

PAIVA, M. R. F.; PARENTE, J. R. F.; BRANDÃO, I. R.; QUEIROZ, A. H. B. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem: revisão integrativa. *SANARE*, v. 15, n. 02, p. 145-153, 2016.

REED, S.; KREYLOS, O.; HSI, S.; KELLOGG, L.; SCHLADOW, G.; YIKILMAZ, M.B.; SEGALE, H.; SILVERMAN, J.; YALOWITZ, S.; SATO, E. Shaping Watersheds Exhibit: An Interactive, Augmented Reality Sandbox for Advancing Earth Science Education, In: American Geophysical Union (AGU) Fall Meeting, 2014, São Francisco.

SOUZA, J. O.; CORRÊA, A. Escoamento superficial e balanço hídrico em ambientes secos com topografia complexa – bacia do riacho do saco – Pernambuco. *GEOgraphia*, v.21, n.46, 2019
DOI:10.22409/GEOgraphia2019.v21i46.a14159.

STOMPH, T.J.; DE RIDDER, N.; STEENHUIS, T.S.; VAN DE GIESEN, N.C. Scale effects of Hortonian overland flow and rainfall-runoff dynamics: Laboratory validation of a process-based model. *Earth Surf. Process. Landf.* V. 27, p. 847-855, 2002.