



Manual de Instalação, Configuração e Uso da Caixa de Areia de Realidade Aumentada (SARndbox)

Versão Atualizada

**Maristela Denise Moresco Mezzomo
André Luiz Satoshi Kawamoto
Giorgio Artur Garcia Braz**

Manual de Instalação, Configuração e Uso da Caixa de Areia de Realidade Aumentada (SARndbox)

Versão Atualizada
2020

**Maristela Denise Moresco Mezzomo
André Luiz Satoshi Kawamoto
Giorgio Artur Garcia Braz**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Câmpus Campo Mourão

©2020 Dos autores



Obra licenciada sobre
Creative Commons (CC BY-NC 4.0)

Grafia atualizada segundo o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa de 1990, que entrou em vigor no Brasil em 2009.

Revisão

André Luiz Satoshi Kawamoto

Giorgio Artur Garcia Braz

Maristela Denise Moresco Mezzomo

Edição

Nova História Assessoria e Gestão Cultural

Projeto Gráfico

André Luiz Satoshi Kawamoto

Giorgio Artur Garcia Braz

Maristela Denise Moresco Mezzomo

Equipe de Apoio

André Luiz Alves

Gabriel de Souza

Jair Elias dos Santos Júnior

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

M617m	Mezzomo, Maristela Denise Moresco Manual de instalação, configuração e uso da caixa de areia de realidade aumentada (SARndbox) : versão atualizada / Maristela Denise Moresco Mezzomo, André Luiz Satoshi Kawamoto, Giorgio Artur Garcia Braz. -- Campo Mourão, PR : Nova História Assessoria e Gestão Cultural, 2020. 58 p.: il. color. ISBN: 978-65-00-02260-5 (E-book) Referências: p.58. 1. Relevo (Geografia). 2. Geomorfologia. 3. Realidade aumentada. I. Kawamoto, André Luiz Satoshi. II. Braz, Giorgio Artur Garcia. III. Título.
	CDD 23.ed. 526.98

Márcia Regina Paiva de Brito – CRB-9/1267

NOVA HISTÓRIA ASSESSORIA E GESTÃO CULTURAL

Rua João Teodoro de Oliveira, 171 – Parque das Acácias

CEP 87.305-555 – Campo Mourão – Paraná

Telefone: (44) 99923-4760

Agradecimentos

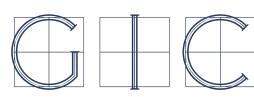
Agradecemos a você leitor, que demonstra interesse pelo nosso projeto e assim, nos incentiva a dar continuidade. Aos ex-alunos do curso Técnico Integrado em Informática André Amaro Mamédio dos Santos, Diego Aguiar da Silva e Victor Matheus Alflen, que tiveram a iniciativa para dar os primeiros passos que viabilizaram a versão inicial da SARndbox UTFPR. Ao Guilherme Castro Diniz e a Anne Caroline Sampaio Vaz, que foram de suma importância na concepção da primeira versão desse manual.

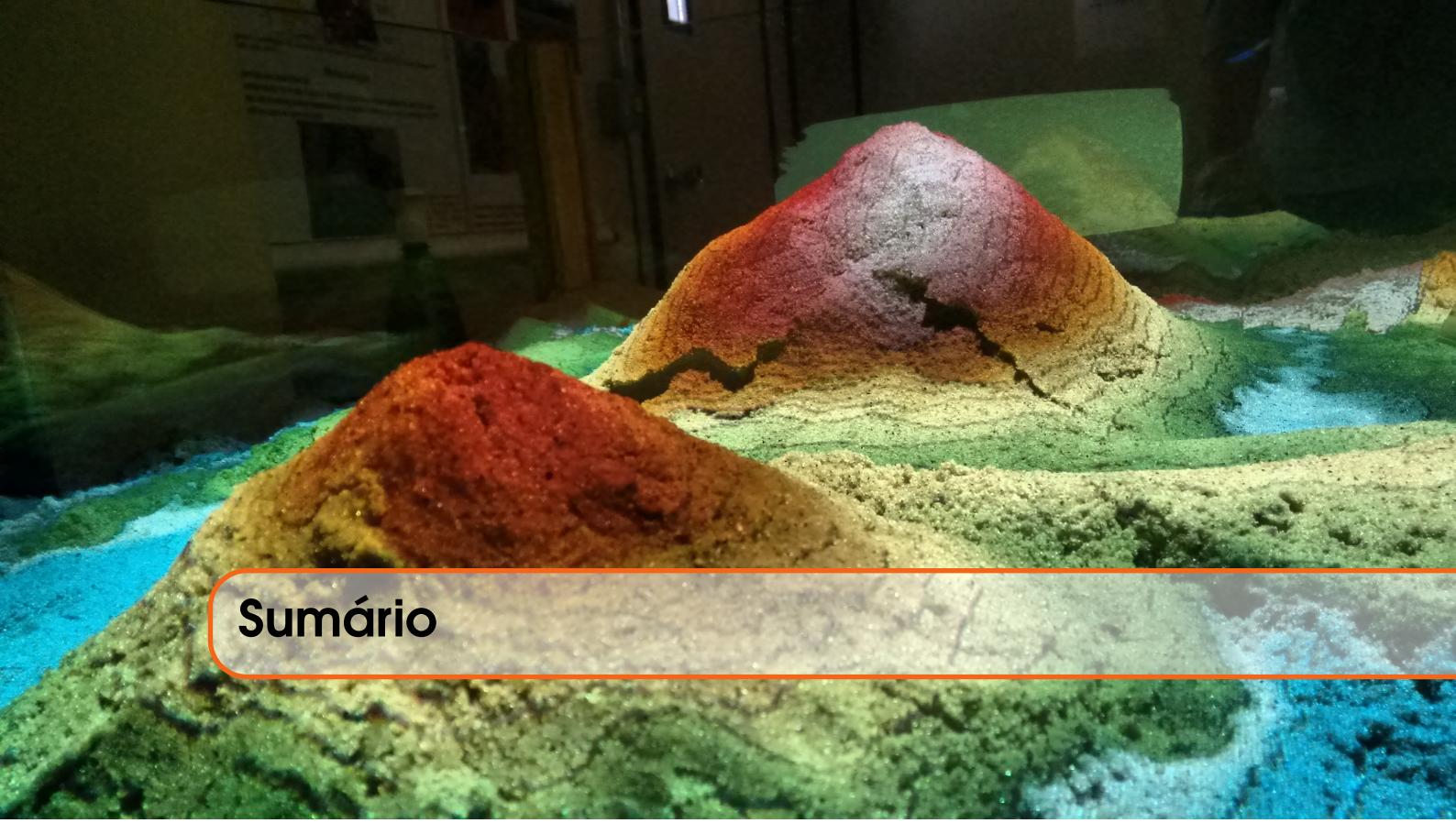
Aos colegas professores e alunos dos grupos de pesquisa em Geoecologia e Gestão Ambiental (GPGGA) e de Interfaces Computacionais (GIC), do Laboratório de Estudos Geoecológicos e Gestão Ambiental (LAGEA), ao programa de Mestrado Profissional ProfÁgua e aos Departamentos Acadêmicos de Ambiental (DAAMB) e de Computação (DACOM), agradecemos todo apoio recebido.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR câmpus Campo Mourão que, por meio da direção geral e de suas diretorias, tem apoiado este projeto. Em especial, agradecemos a Diretoria de Relações Empresariais e Comunitárias - DIREC pelo apoio financeiro (bolsa) via edital PROREC Projeto Destaque. À Universidade Pública, pelo valor dado à pesquisa, ao ensino e a extensão e todas as oportunidades de transformação intelectual e social que promove aos seus alunos e à sociedade. Muito obrigado!

Maristela Denise Moresco Mezzomo
André Luiz Satoshi Kawamoto
Maio de 2020

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão

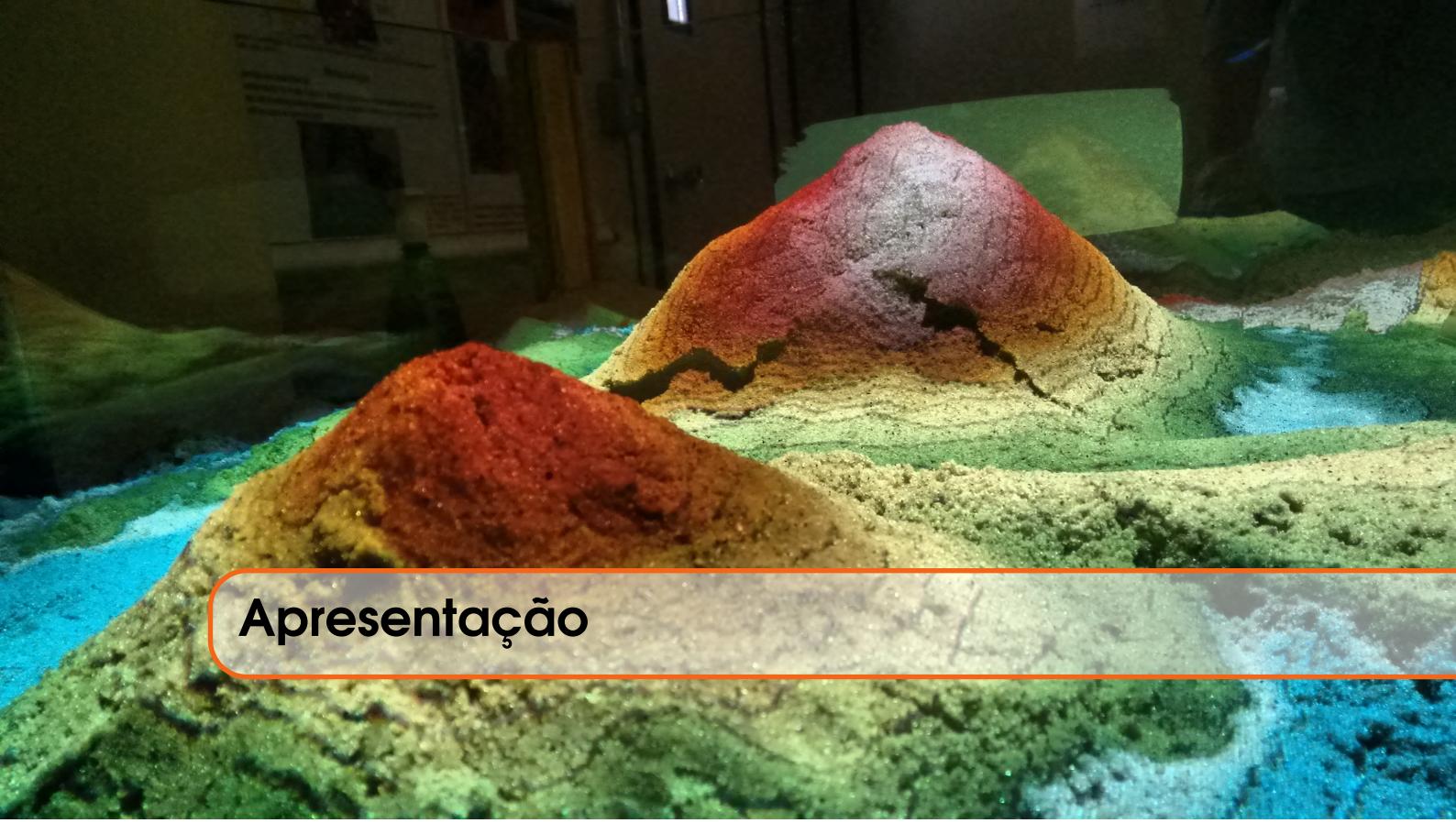




Sumário

Apresentação	7
1 Realidade Aumentada na Educação	11
1.1 Introdução	11
1.2 Realidade Virtual e Realidade Aumentada	11
1.3 Aplicações de Realidade Aumentada na Educação	13
1.3.1 3D Pop-up Book	13
1.3.2 Augmented Chemistry Reactions	13
1.3.3 Augmented Reality Magic Mirror	15
1.3.4 Music-AR	15
1.3.5 Considerações Finais	16
Referências	16
2 Montagem	19
2.1 Materiais Necessários	19
2.1.1 Requisitos do Computador	19
2.1.2 Requisitos do Projetor	20
2.1.3 Construção da Caixa de Areia	20
2.2 Montagem da SARndbox	22
2.2.1 Posicionamento do Sensor Kinect	22
2.2.2 Instalação do Projetor	23
3 Instalação	24
3.1 Sistema Operacional	25
3.1.1 Drivers de Vídeo	25
3.1.2 Criação das Teclas de Atalho	27

3.2	Download e Instalação dos Softwares	28
3.2.1	Vrui	28
3.2.2	Kinect	29
3.2.3	SARndbox	29
4	Configuração	30
4.1	Medição da Extensão da Superfície	30
4.2	Cálculo da Matriz de Calibração	35
4.3	Configuração pós-instalação e ajuste de precisão	39
4.3.1	Criação do diretório de arquivos de configuração por aplicativo	39
4.3.2	Criação de um arquivo de configuração para o <i>CalibrateProjector</i>	39
4.3.3	criar um arquivo de configuração para a SARndbox	40
4.4	Criação de ícone de execução para Área de Trabalho	41
5	Execução da SARndbox	42
5.1	Opções de execução	42
6	Práticas Didáticas	45
6.1	Formas de Relevo	46
6.1.1	Aplicação: Criando Formas de Relevo	46
6.2	Bacia Hidrográfica	48
6.2.1	Aplicação: Criando uma Bacia Hidrográfica	48
6.3	Classificação do Relevo	50
6.3.1	Aplicação: Classificando o Relevo	50
6.4	Relevo e Código Florestal	52
6.4.1	Aplicação: Reproduzindo vertentes/encostas	52
6.5	Rios e Código Florestal	54
6.5.1	Aplicação: Construindo leitos de rios	54
	Referências	55
	Autores	56



Apresentação

A SARndbox (Augmented Reality Sandbox – ARS) é uma Caixa de Areia de Realidade Aumentada que visa integrar um sistema de realidade aumentada a modelos topográficos criados fisicamente e que têm sua superfície escaneada em tempo real. Esses modelos são usados como plano de fundo para uma variedade de efeitos gráficos e simulações. O produto final é um sistema contendo um computador, um projetor, um sensor de profundidade (Microsoft Kinect) e uma caixa contendo material que pode ser manipulado (areia), para criar as topografias interativamente e com baixa necessidade de supervisão por parte de um especialista.

A SARndbox é um projeto original do professor Oliver Kreylos, do Departamento de Ciência da Computação da Universidade da Califórnia Davis (UC Davis) em parceria com o Centro de Pesquisa Ambiental de Tahoe e Aquário e Centro de Ciências ECHO Lake. O projeto está disponível de forma gratuita na internet¹ sob licença GNU.

O contato com o projeto original da SARndbox via internet, levou ao desenvolvimento da SARndbox UTFPR no ano de 2015, sendo uma iniciativa de alunos do curso Técnico Integrado em Informática (Diego Aguiar da Silva, André Amaro Mamédio dos Santos, Victor Matheus Alflen), juntamente com os professores Maristela Denise Moresco Mezzomo do Departamento Acadêmico de Ambiental e André Luiz Satoshi Kawamoto do Departamento de Ciência da Computação, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Campo Mourão, Paraná. A SARndbox UTFPR está instalada e em funcionamento desde então, no Laboratório de Estudos Geoecológicos e Gestão Ambiental – LAGEA do respectivo câmpus, sendo utilizada para diferentes aplicações como aulas práticas, mini-cursos, workshop e visitas da comunidade externa.

A experiência com a instalação da SARndbox, resultou, no ano de 2016, na elaboração do Manual de Instalação, Configuração e Uso da Caixa de Areia de Realidade Aumentada (SARndbox)², com autoria de André Luiz Satoshi Kawamoto, Maristela Denise Moresco Mezzomo, Guilherme

¹Disponível em: <https://arsandbox.ucdavis.edu/>

²<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/5908>

Castro Diniz e Anne Caroline Sampaio Vaz. O manual teve projeções importantes em várias regiões do Brasil, contribuindo para a instalação de outras SARndbox. Para tanto, a rápida evolução tecnológica, muito necessária atualmente, possibilitou novos usos e funções para a SARndbox e diante disso, houve a necessidade de atualização do Manual.

Dessa forma, apresentamos a versão atualizada do manual, o qual foi revisado e atualizado, de forma a contribuir na atualização das SARndbox já instaladas, bem como na instalação de novas. Esperamos que o Manual possa ajudar na divulgação do uso de ferramentas tecnológicas em suas mais diversas aplicações, principalmente, no meio educacional.

Novidades da Versão Atualizada

Esta edição do *Manual de Instalação, Configuração e Uso da Caixa de Areia de Realidade Aumentada (SARndbox)*, com sua primeira versão publicada em 2016, por meio do Repositório de Outras Coleções Abertas (ROCA)³, se diferencia por melhorias pontuais no texto, visando facilitar a exposição de instruções ao usuário iniciante da SARndbox. Também trata de atualizações nos softwares utilizados afim de explorar plenamente o que a ferramenta pode oferecer. Apresenta ainda, novas funcionalidades da aplicação, presentes na última versão lançada dos softwares originais.

O que há de novo

A primeira edição aborda a configuração e utilização das três aplicações necessárias para o uso da SARndbox, sendo elas: *Vrui Vr Toolkit 3.1-004*, *Kinect-2.8-002* e *SARndbox-1.6*.

As atualizações de Softwares para a edição corrente são:

- Vrui-4.6-005
- Kinect-3.7
- SARndbox-2.6

Suporte à placas de vídeo

Em versões anteriores recomendava-se, dentre as opções do mercado, a utilização da placa de vídeo offboard *AMD/ATI Radeon*. No entanto, para a versão de software abordada neste manual, os desenvolvedores (UC Davis) não recomendam o uso de placas gráficas AMD/ATI (Radeon), pois o driver do Linux pode causar problemas com a simulação de água da SARndbox.

Supporte experimental ao Sensor Kinect de 2^a geração

Quando publicamos a primeira versão deste manual, a segunda geração do Sensor Kinect não era suportada pela SARndbox. Pode ser útil saber que, para a versão de software tratada na atual edição, o suporte para o Sensor Kinect de segunda geração para o Windows v2 é atualmente experimental.

Opções de execução

Esta edição atualiza as opções de execução da SARndbox, presentes na tabela 5.1. Agora, ao invés de 23, o usuário conta com 30 opções para as mais variadas aplicações, dentre as presentes anteriormente e as adicionadas até a versão 2.6 da SARndbox.

Outras novidades que merecem destaque

Pensando em melhorar a experiência do usuário no processo de configuração, que pode ser sensível e pouco intuitivo, incluímos recursos como ilustração e pequenas modificações no texto, além de

³Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/5908>

um tutorial para a criação de um ícone de atalho para executar a SARndbox sem a necessidade de usar o terminal.

Também gostará de saber que está disponível um canal no [YouTube](#) (<https://tinyurl.com/SarndboxUTFPR>) com demonstrações de uso e vídeos tutoriais para os processos de instalação e configuração estão sendo preparados.

Finalmente, desejamos que você tenha a experiência mais suave possível para montar, configurar e utilizar esta maravilhosa ferramenta que é a SARndbox!

Os autores



1. Realidade Aumentada na Educação

1.1 Introdução

Desde o princípio do desenvolvimento de sistemas computacionais interativos, aplicações com objetivos diversos, que variam desde o entretenimento e a comunicação entre pessoas até tarefas bastante complexas, como o controle de robôs e veículos, equipamentos de medicina, telepresença, e outros, têm sido propostas. Esse fenômeno pode ser notado também na Educação, que reiteradamente recebe iniciativas visando auxiliar professores e alunos.

Nesse sentido, existem sistemas que apoiam a gestão de atividades administrativas, a preparação de materiais de apoio e de avaliações, além de projetos que visam facilitar o ensino de praticamente todas as disciplinas, por exemplo línguas, matemática, física, programação, entre outras coisas [1, 2, 3, 4].

Recentes avanços na tecnologia de sistemas computacionais e dispositivos eletrônicos em geral viabilizaram, ainda, a introdução de interfaces computacionais ainda mais interativas, que permitem que usuários se sintam imersos em ambientes sintetizados por computador, ou que tenham a impressão de que objetos sintéticos (virtuais) fazem parte do ambiente real. Essas modalidades de interface são conhecidas como Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA), respectivamente.

1.2 Realidade Virtual e Realidade Aumentada

Por se tratar de tecnologias altamente dependentes de processamento em tempo real, RV e RA são influenciadas pela evolução da computação, tanto do ponto de vista do hardware quanto do software. Além disso, pelo fato de terem sido criadas há varias décadas, suas definições foram atualizadas ao longo do tempo, em função de fatores como a multiplicidade de plataformas e a viabilização de softwares capazes de tratar elementos multissensoriais.

A primeira vez que o termo “Realidade Virtual” foi utilizado data da década de 1980, por Jaron Lanier, que afirma:

"O virtual é como o complexo problemático, o nó de tendências ou de forças que acompanha uma situação, um acontecimento, um objeto ou uma entidade qualquer, e que chama um processo de resolução: a atualização." [5].

Nesse sentido, explica que o virtual não é contrário ao real, mas sim que o complementa de modo a trazer experiências diversas às pessoas sem riscos ou consequências.

Outros pesquisadores, ainda, definem a RV como uma interface humano-computador avançada que simula um ambiente realístico, permitindo interação por parte dos envolvidos [6] ou mesmo como a utilização de tecnologia avançada para envolver o usuário de modo a induzir que pense que está em uma realidade alternativa gerada virtualmente [7].

Tendo em vista essas definições, podemos considerar que a Realidade Virtual é uma tecnologia que utiliza ambientes artificiais, ou seja, sinteticamente gerados por computador, para dar ao usuário a sensação estar totalmente inserido na aplicação, de forma que qualquer interação com o sistema computacional se dê por meio de ações nesse mundo virtual.

A Realidade Aumentada, por sua vez, pode ser descrita como a extensão de uma visão do mundo real por meio da incorporação de informações adicionais [8], ou seja, aplicações que suplementam o mundo real com objetos gerados por computador que parecem coexistir no mesmo espaço, desde que respeitem as seguintes propriedades [9]:

- combinam objetos reais e virtuais no mesmo ambiente real;
- executam de maneira interativa em tempo real;
- alinham objetos reais e virtuais; e
- podem incorporar elementos que estimulam qualquer sentido humano, incluindo audição, olfato, tato e paladar.

Essa tecnologia possui como vantagem permitir o uso de ações tangíveis multimodais que facilitam a interação, além de motivar usuários a engajar-se com as aplicações [10, 11, 12].

Essa definição faz alusão a um conceito mais amplo denominado Realidade Misturada (RM). A RM resulta da combinação entre o ambiente real e o ambiente virtual, subdividido em Virtualidade Aumentada, onde o ambiente predominante é o virtual e Realidade Aumentada, em que o ambiente predominante é o real. A Figura 1.1 demonstra essa relação [13].

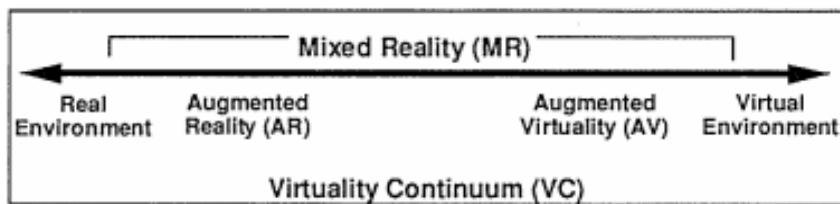


Figura 1.1: *Continuum* da Realidade Misturada
Fonte: Adaptado de Milgram e Kishino, 1995

Cada vez mais presente no cotidiano, a Realidade Aumentada se estende para além de aplicativos para *smartphones* e dispositivos móveis simples com superposição de objetos 3D para fins de

marketing, para casos de uso bastante complexos, fornecidos por um ecossistema de hardware e software em rápido crescimento [14].

1.3 Aplicações de Realidade Aumentada na Educação

Aplicações de RA na Educação visam promover o ensino desde o ensino fundamental até a educação superior, em diversas áreas do conhecimento [15, 16, 17]. Nessa seção, alguns exemplos do uso dessa tecnologia são apresentados.

1.3.1 3D Pop-up Book

O 3D Pop-up Book [18] é um livro de Realidade Aumentada utilizado para o ensino de língua inglesa na Tailândia, que utiliza marcadores para combinar personagens e objetos em um livro (Figura 1.2).

O 3D Pop-up Book [18] é um livro de Realidade Aumentada utilizado para o ensino de língua inglesa na Tailândia, que utiliza marcadores para combinar personagens e objetos em um livro (Figura 1.2).



Figura 1.2: 3D Pop Up Book

Fonte: Vate-U-Lan, P, 2012

Os resultados apresentados pelos autores corroboram com avaliações de usabilidade, que sempre demonstram o grande interesse por parte dos usuários nessa tecnologia, destacando seus aspectos lúdicos e inovadores, bem como suas possibilidades em diversas outras áreas [18].

1.3.2 Augmented Chemistry Reactions

Para facilitar a compreensão da química, sobretudo a estrutura espacial de moléculas e seu comportamento em algumas reações, Maier e Klinker propõem uma ferramenta de visualização para exibir e controlar moléculas, bem como a dinâmica entre elas [19].

Essa ferramenta, implementada utilizando o ARTToolkit [20], necessita de um bastão ao qual um cubo com diferentes padrões geométricos (marcadores) em cada uma de suas faces é anexado numa das extremidades(Figura 1.3). O uso do bastão permite que esse cubo seja manipulado de forma a melhor visualizar, rotacionar e assim perceber a estrutura atômica das moléculas projetadas (Figura 1.4).



Figura 1.3: Cubo com marcadores
Fonte: Maier, P. e Klinker, G., 2013



Figura 1.4: Cubo com Moléculas Projetadas
Fonte: Maier, P. e Klinker, G., 2013

1.3.3 Augmented Reality Magic Mirror

No ensino de Anatomia, Blum et al. propõem um sistema que utiliza um "Espelho de Realidade Aumentada"[21]. Esse sistema utiliza o sensor de profundidade do Microsoft Kinect para rastrear a postura de um usuário que se posiciona em frente a uma tela. Uma imagem de tomografia computadorizada é sobreposta ao reflexo do usuário, criando a ilusão de que é possível observar a parte interna de seu corpo, como mostrado na Figura 1.5.



Figura 1.5: Mirracle

Fonte: Adaptado de Blum et. al., 2012

Gestos são usados para selecionar diferentes camadas da imagem de tomografia, e um conjunto de dados fotográficos pode ser escolhido para visualização. Esse sistema também é capaz de exibir modelos 3D dos órgãos internos, informação textual e imagens anatômicas. A interação dispensa o uso de marcadores, e se dá pelo sensor de profundidade. Ao afastar ou aproximar as mãos de um plano de interação virtual, os usuários conseguem perceber a relação espacial entre o seu próprio corpo e os objetos projetados.

1.3.4 Music-AR

Music-AR [22] é um conjunto de quatro aplicações de RA baseadas em marcadores desenvolvido para auxiliar o ensino de propriedades sonoras no contexto de educação musical, como por exemplo o timbre, a duração, o tom (de agudo a baixo), e a intensidade.

A primeira aplicação está relacionada à direção do som (curta ou longa); a segunda se relaciona ao timbre (a “personalidade” do som); a terceira permite que a criança contraia ou estique objetos virtuais relacionados a sons, e perceba os conceitos de agudo e baixo; finalmente, a quarta aplicação foca no conceito de intensidade de som, associando-o a animais virtuais que são posicionados em diferentes distâncias em relação à criança. A Figura 1.6 mostra a interface dessas quatro aplicações.



Figura 1.6: Interface das aplicações do Music-AR.

Fonte: Martins et. al., 2015

1.3.5 Considerações Finais

A maioria dos exemplos encontrados na literatura tem sido utilizada por educadores para permitir experiências de ensino preconcebidas. Isso pode levar a situações nas quais a RA apenas desenvolve habilidades de raciocínio de menor ordem, em vez de encorajar habilidades integrativas, como a análise, a avaliação e a criação. Assim, o uso de aplicações de RA para estimular o pensamento crítico deve ser um objetivo principal, permitindo estudantes a interagir e atuar de forma ativa com esses sistemas em vez de serem meros espectadores.

Referências

- [1] BAZZARA, M. W.; AL DELAIL, B.; ZEMERLY, M. J.; NG, J. W. P. **iARBook: An Immersive Augmented Reality system for education.** In: . c2014. p. 495–498.
- [2] Heen Chen; Kaiping Feng; Chunliu Mo; Siyuan Cheng; Zhongning Guo; Yizhu Huang. **Application of Augmented Reality in Engineering Graphics Education.** v. 2, p. 362–365, Dec 2011.
- [3] RESNYANSKY, D.; Ibili, E.; BILLINGHURST, M. **The Potential of Augmented Reality for Computer Science Education.** In: . c2018. p. 350–356.

-
- [4] KUANG, Y.; BAI, X. **The Feasibility Study of Augmented Reality Technology in Early Childhood Education.** In: . c2019. p. 172–175.
 - [5] LÉVY, P. *O que é o virtual?* Editora 34, 2011.
 - [6] LATTA, J. N.; OBERG, D. J. **A conceptual virtual reality model.** *IEEE Computer Graphics and Applications*, v. 14, n. 1, p. 23–29, Jan 1994.
 - [7] TEIXEIRA, K.; PIMENTEL, K. *Virtual reality: Through the new looking glass ed. 2.* Windcrest Books, 1993. v. 13.
 - [8] SINGH, M.; SINGH, M. P. **Augmented Reality Interfaces.** *IEEE Internet Computing*, v. 17, n. 6, p. 66–70, Nov 2013.
 - [9] AZUMA, R.; BAILLOT, Y.; BEHRINGER, R.; FEINER, S.; JULIER, S.; MACINTYRE, B. **Recent advances in augmented reality.** *IEEE Computer Graphics and Applications*, v. 21, n. 6, p. 34–47, Nov 2001.
 - [10] KIRNER, C.; KIRNER, T. G. **Virtual Reality and Augmented Reality Applied to Simulation Visualization.** In: *Simulation and Modeling*. IGI Global, 2008. p. 391–419.
 - [11] KIRNER, C.; TORI, R. **Fundamentos de Realidade Aumentada.** In: *Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada*. Editora SBC, 2006. p. 22–38.
 - [12] AZUMA, R. T. **A Survey of Augmented Reality.** *Presence: Teleoper. Virtual Environ.*, Cambridge, MA, USA, v. 6, n. 4, p. 355–385, Aug. 1997.
 - [13] MILGRAM, P.; TAKEMURA, H.; UTSUMI, A.; KISHINO, F. **Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum.** In: . c1995. v. 2351. p. 282–293.
 - [14] RAS, E.; WILD, F.; STAHL, C.; BAUDET, A. **Bridging the Skills Gap of Workers in Industry 4.0 by Human Performance Augmentation Tools: Challenges and Roadmap.** In: . PETRA '17. New York, NY, USA: ACM, c2017. p. 428–432.
 - [15] REED, S.; KREYLOS, O.; HSI, S.; KELLOGG, L.; SCHLADOW, G.; YIKILMAZ, M.; SEGAL, H.; SILVERMAN, J.; YALOWITZ, S.; SATO, E. **Shaping watersheds exhibit: An interactive, augmented reality sandbox for advancing earth science education.** In: . c2014.
 - [16] ZAGORANSKI, S.; DIVJAK, S. **Use of augmented reality in education.** In: . c2003. v. 2. p. 339–342 vol.2.
 - [17] BOWER, M.; HOWE, C.; MCCREDIE, N.; ROBINSON, A.; GROVER, D. **Augmented Reality in education – cases, places and potentials.** *Educational Media International*, v. 51, n. 1, p. 1–15, 2014.
 - [18] VATE-U-LAN, P. **An Augmented Reality 3D Pop-Up Book: The Development of a Multimedia Project for English Language Teaching.** In: . c2012. p. 890–895.
 - [19] MAIER, P.; KLINKER, G. **Augmented chemical reactions: An augmented reality tool to support chemistry teaching.** In: . c2013. p. 164–165.
 - [20] KATO, H.; BILLINGHURST, M. **Marker tracking and HMD calibration for a video-based augmented reality conferencing system.** In: . c1999. p. 85–94.

- [21] BLUM, T.; KLEEBERGER, V.; BICHLMEIER, C.; NAVAB, N. **Mirracle: An augmented reality magic mirror system for anatomy education.** In: . c2012. p. 115–116.
- [22] MARTINS, V. F.; GOMEZ, L.; CORRÊA, A. G. D. **Teaching Children Musical Perception with MUSIC-AR.** *EAI Endorsed Transactions on e-Learning*, v. 2, n. 2, 3 2015.



2. Montagem

2.1 Materiais Necessários

A *Augmented Reality Sandbox* – (ARS - Caixa de Areia de Realidade Aumentada), requer para seu funcionamento, a seguinte configuração mínima de hardware:

- Um computador com placa gráfica dedicada (offboard), executando o Sistema Operacional GNU/Linux;
- Um sensor de profundidade Microsoft Kinect 1.0. O software utilizado pela SARndbox (Kinect 3D Video Package) é compatível com os três modelos da primeira geração Kinect (Kinect para a Xbox 1414, 1473 e Kinect para Windows), além do Kinect para Xbox One.¹
- Um projetor digital de dados com uma interface de vídeo digital, como HDMI, DVI ou DisplayPort;
- Uma caixa de areia de forma que seja possível instalar o sensor Kinect e o projetor acima.
- Areia

2.1.1 Requisitos do Computador

Para executar o software da ARS, recomenda-se utilizar um computador com placa de vídeo offboard. No entanto, os desenvolvedores (UC Davis) não recomendam o uso de placas gráficas AMD/ATI (Radeon), pois o driver do Linux pode causar problemas com a simulação de água da SARndbox. O processador (CPU) do computador deve ser rápido (Intel Core i5 é suficiente). O sistema não requer grande quantidade de memória RAM, sendo que 2 GB são suficientes. Quanto ao disco rígido (Hard Disk – HD), 20 GB bastam para a instalação do Sistema Operacional e do software.

Embora seja possível o software da ARS ser executado no macOS, os desenvolvedores recomendam fortemente o Linux, porque as instalações baseadas em Linux são mais estáveis.

¹O suporte para o Kinect de segunda geração para o Windows v2 é atualmente experimental.

A configuração de hardware mínima sugerida é:²

- Um computador com processador Intel Core i5 ou Core i7, executando em velocidade de pelo menos 3 GHz;
 - Placa de vídeo Nvidia GeForce GTX 970;
 - HD de 20GB;
 - 2GB de memória RAM;
 - Sistema Operacional Linux Mint, versão MATE de 64-bit.³

O sistema da ARS possui dois componentes principais: um renderizador do mapa topográfico, que gera as curvas projetadas sobre a superfície da areia, e um componente responsável pela simulação de fluxo de água.

O primeiro executa com relativa facilidade em processador e placa de vídeo de desempenho médio (mid-end) e funciona na maioria dos laptops ou PCs disponíveis no mercado. O componente de simulação de água, por sua vez, requer hardware de um alto desempenho (high-end), razão da recomendação de utilizar uma placa de vídeo como a Nvidia GeForce GTX 970, ou superior, capaz de processar dados gráficos e gerar animações em tempo real. Caso não seja possível instalar o sistema em um computador com as características recomendadas, é possível desativar a simulação de água.

O maior benefício de utilizar um computador exclusivo é permitir que a ARS atue como uma instalação interativa independente em uma sala, museu ou exposição. Uma vez que o sistema ARS não necessita de uma conexão com a Internet.

2.1.2 Requisitos do Projetor

Idealmente, o projetor deve ter um comprimento de curta distância e uma proporção dimensional nativa de 4:3 para coincidir com o campo de visão da câmera do sensor Kinect. A resolução de 1024x768 pixels é suficiente, uma vez que a resolução total do sistema é limitada pela câmera do Kinect (640x480 pixels). O projetor ideal é do tipo “projetor de linha central”, para ser montado diretamente ao lado da câmera Kinect.

É altamente recomendável que o projetor seja conectado à placa de vídeo do PC através de uma conexão de vídeo digital, ou seja, usando uma porta HDMI no projetor e uma porta HDMI, DVI ou DisplayPort na placa gráfica. Utilizar conexão analógica (VGA) entre o projetor e o computador, poderá degradar a imagem, além de causar desalinhamento entre a imagem projetada e a superfície de areia.

2.1.3 Construção da Caixa de Areia

A caixa utilizada deve ter uma proporção de 4:3, para corresponder tanto ao campo de visão da câmera do Kinect quanto à área de cobertura do projetor. O tamanho da caixa é limitado pelas distâncias mínima e máxima da câmera Kinect e pela resolução desejada. O ângulo do campo de visão da câmera do sensor Kinect é de cerca de 90°, por isso, o sensor deve ser posicionado o mais alto possível acima da superfície da areia, diretamente acima do centro da caixa (Figura 2.1)⁴

²Disponível em: <https://arsandbox.ucdavis.edu/instructions/hardware-2>

³Disponível para download em <http://www.linuxmint.com>

⁴Disponível em: <http://idav.ucdavis.edu/~okreylos/ResDev/SARndbox/Instructions.html>

A recomendação dos desenvolvedores é utilizar uma caixa de 1m x 0.75m, com o sensor Kinect posicionado entre 0.4m e 1m de altura. Nessa posição, a resolução horizontal nominal da câmera é de 1.56mm, e sua efetiva resolução horizontal é alta o suficiente para resolver recursos na ordem de 5mm. Caso seja de interesse aumentar o tamanho da caixa de areia, a altura necessária para posicionar o sensor e o projetor também aumenta.

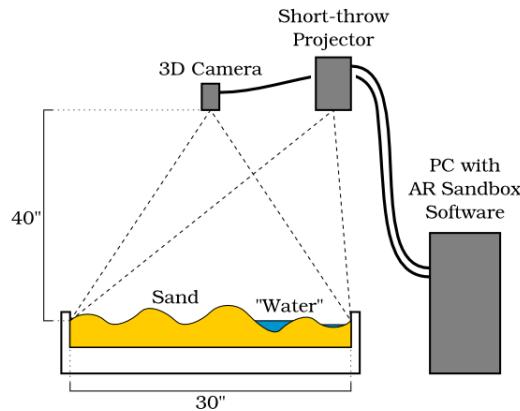


Figura 2.1: Montagem funcional da SARndbox

Fonte: IDAV, s/d.

Areia

A caixa de areia deve ser preenchida com areia a uma profundidade de cerca de 4cm a 10cm. Os desenvolvedores recomendam o uso do produto comercial Sandtastik White Play Sand, que possui excelentes propriedades de projeção. É recomendado manter a areia ligeiramente úmida para facilitar a criação de contornos.⁵

Preocupações com a Saúde

A areia de construção é, basicamente, sílica cristalina, principalmente na forma de quartzo. A sílica não é tóxica quando ingerida oralmente, porém a inalação da poeira de sílica muito fina pode causar efeitos adversos à saúde.

O produto recomendado pelos desenvolvedores (e similares comerciais) não contém poeira de sílica. No caso da substituição por areia comum, adquirida em lojas de materiais de construção, deve-se higienizar esse material antes, a fim de reduzir a quantidade de partículas de poeira contidas nela.

O processo de higienização consiste em remover as partículas sólidas visíveis da areia (utilizando uma peneira) e, em seguida, lavar apenas com água repetidamente, drenando totalmente a areia a cada lavagem, até que o líquido utilizado permaneça cristalino. Após a lavagem, deixar a areia secar naturalmente.

⁵No contexto do projeto implementado na UTFPR-CM, foi utilizada areia de construção como substituto do produto comercial recomendado, com resultados bastante satisfatórios.

2.2 Montagem da SARndbox

Construir a caixa de areia propriamente dita e montar a câmera e o projetor Kinect acima dela são deixados como exercícios para o leitor (consulte a Figura 2.1 para obter um esboço de layout aproximado). Nossa próprio protótipo AR Sandbox é construído de madeira e ferro. A caixa de areia propriamente dita é a madeira compensada no topo de uma distância entre eixos robusta (para mobilidade), coberta generosamente com poliuretano para tornar a caixa de areia impermeável e resistente à podridão (estamos usando pequenas quantidades de água para moldar a areia). O conjunto do projetor e da cabeça da câmera é feito de lâminas de alumínio, e todo o conjunto é suspenso acima da caixa de areia a partir de um tubo de aço vertical. O conjunto da cabeça oferece um ajuste limitado para a posição e orientação da câmera e do projetor para permitir o alinhamento físico entre a superfície da areia, o campo de visão da câmera e a imagem projetada. Mais importante ainda, o projetor deve ser orientado de tal forma que projete no eixo sobre a superfície da areia “ideal”. Isso minimiza os efeitos de distorção e problemas de foco.

A correta execução do sistema requer que todos os componentes físicos (caixa de areia, câmera do sensor Kinect e projetor) estejam instalados adequadamente. Além disso, os componentes de software precisam ser calibrados uns em relação aos outros. Para tanto, recomenda-se que:

- A câmera do sensor Kinect, posicionada acima da caixa de areia, esteja apontando para baixo de forma que seja possível observar a superfície inteira da areia. O aplicativo *RawKinectViewer* (instalado junto com o Vrui) deve ser utilizado para alinhar a profundidade da câmera enquanto ignora a câmera de cor;
- As dimensões da superfície de areia em relação ao sistema interno de coordenadas da câmera do sensor Kinect sejam medidas usando *RawKinectViewer* em conjunto com uma ferramenta de medição 3D;
- A imagem do projetor, montado acima da superfície da areia, deve sobrepor o máximo possível do campo de visão do sensor Kinect;
- Seja obtida uma matriz de calibração para mapear o espaço da câmera do sensor Kinect para o espaço do projetor usando o utilitário *CalibrateProjector* e um objeto circular de calibragem.

2.2.1 Posicionamento do Sensor Kinect

Em teoria, a câmera do sensor Kinect pode ser apontar para a superfície da areia a partir de qualquer posição e/ou ângulo. No entanto, melhores resultados são obtidos quando a câmera é posicionada de forma que ela aponte diretamente para a superfície, sobrepondo seu campo de visão exatamente às extensões da caixa de areia.

A distância utilizada na construção da SARndbox da UTFPR-CM foi de 1 metro, medido a partir do sensor kinect até a superfície areia. O sensor foi posicionado precisamente acima do centro da caixa (Figura 2.2).



Figura 2.2: SARndbox UTFPR.

Fonte: Arquivo LAGEA – Laboratório de Estudos Geoecológicos e Gestão Ambiental, UTFPR-CM

2.2.2 Instalação do Projetor

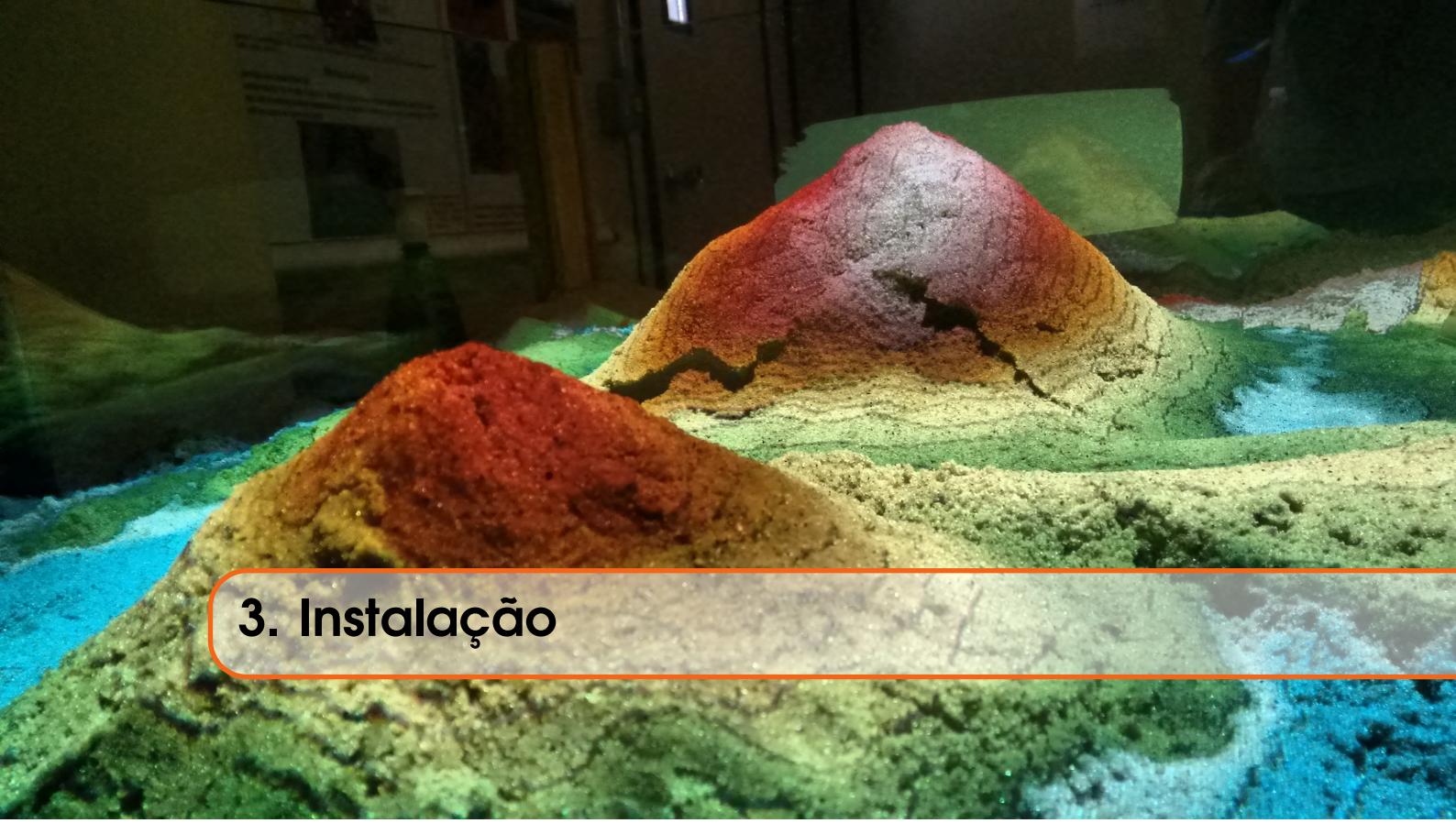
Assim como com a câmera Kinect, a SARndbox é capaz de lidar com alinhamentos arbitrários. Desde que exista sobreposição entre campo de visão da câmera do Kinect e a imagem projetada, é possível calibrar um em relação ao outro.

Apesar dessa possibilidade, é melhor alinhar o projetor cuidadosamente de modo que se projete perpendicularmente à superfície de areia. A principal razão para isso é evitar a distorção de pixels: se a projeção é fora do eixo, o tamanho dos pixels projetado altera os pixels ao longo da superfície da areia.

O software da SARndbox é capaz de controlar a distorção geométrica geral, porém não pode alterar o tamanho dos pixels apresentados. A imagem projetada fica melhor se todos os pixels são quadrados e possuem o mesmo tamanho, por essa razão é melhor que a projeção seja perpendicular à superfície da areia.

A medida utilizada no projeto foi de 1.20m, 20 centímetros mais alto que a altura da câmera do sensor Kinect. Isso ocorre porque foi utilizado um projetor com uma resolução mais baixa que a recomendada (800 x 600 pixels). Assim, para que a imagem projetada corresponesse à superfície da areia foi necessário posicionar o projetor mais alto. O projetor não ficou exatamente sobre o centro da caixa, mas sim, próximo a uma das bordas, como sugerido pelos desenvolvedores (Figura 2.1).

A altura em que o projetor deve ser posicionado pode mudar, de acordo com as propriedades do projetor. Por exemplo, se o projetor tiver uma resolução maior (1024x768), essa altura deverá ser menor.



3. Instalação



Para auxiliá-lo no processo de instalação, recomendamos que acompanhe nosso tutorial em vídeo no *YouTube* (<https://tinyurl.com/SarndboxUTFPR>)

Todo o processo de instalação da SARndbox em um computador, desde o Sistema Operacional, passando pelo download e instalação dos pacotes de software necessários, até a configuração do sistema é descrito aqui. Nesse processo, são utilizados:

- Sistema Operacional Linux Mint 19.1 “Tessa” com interface MATE e arquitetura de 64 bits;¹
- Vrui Vr Toolkit 4.6-005 lançada em 27/11/2018, e o script do Ubuntu 18.04 LTS (“Bionic Beaver”) denominado “Build-Ubuntu.sh”;²
- Kinect 3D Video Package na versão 3.7;³
- Augmented Reality Sandbox na versão 2.6.⁴

Recomenda-se utilizar esse conjunto de aplicativos, pois existem interdependências entre esses pacotes de software. Por exemplo, a versão 2.6 do software da SARndbox requer a versão “Kinect 3.7” e a versão “Vrui 4.6-005”.

¹Disponível para download em: <https://linuxmint.com/edition.php?id=261>

²Disponível para download em: <https://arsandbox.ucdavis.edu/technical-resources/downloads/vrui-vr/>

³Disponível para download em: <https://arsandbox.ucdavis.edu/technical-resources/downloads/kinect/>

⁴Disponível para download em: <https://arsandbox.ucdavis.edu/technical-resources/downloads/sarndbox-2/>

Todo o processo de instalação, passo-a-passo, dos softwares listados é demonstrado ao longo dessa descrição. A fim de obter um resultado satisfatório, é importante que a sequência de passos estabelecida nesse manual seja rigorosamente seguida.

3.1 Sistema Operacional

A instalação do sistema operacional deve ser feita em uma máquina real. Embora alguns sistemas executem bem em máquinas virtuais, o sistema da SARndbox possui funcionalidades que não podem ser executadas nesse tipo de ambiente.

O processo de instalação do Linux Mint não faz parte do escopo desse manual. Caso exista dúvida a respeito, existe uma descrição bastante detalhada disponível em: <http://pt.wikihow.com/Instalar-o-Linux-Mint>.

3.1.1 Drivers de Vídeo

Uma vez instalado o Sistema Operacional, é preciso instalar os drivers de vídeo da NVidia. Para fazer isso, com a Área de Trabalho visível na tela, deve-se clicar na opção “Menu” (Figura 3.1 - 1º). Isso abre um Menu de opções. Nesse Menu, selecione a opção “Tudo” (ou All Applications) (Figura 3.1 - 2º).

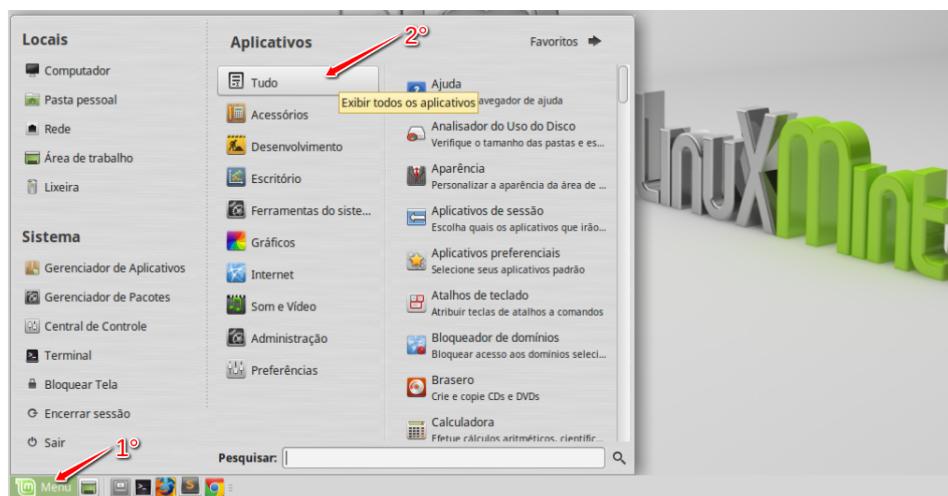


Figura 3.1: Menu para instalação dos drivers de vídeo

No menu que é apresentado (Figura 3.2), utilize a barra de rolagem para visualizar outras opções. Encontre e selecione a opção “Gerenciador de Drivers” (Driver Manager).

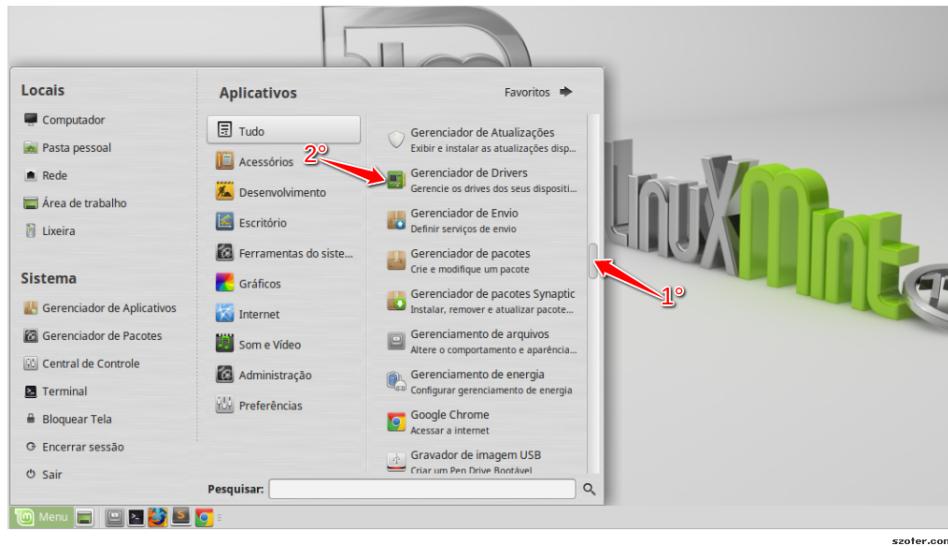


Figura 3.2: Seleção de Menu para Instalação de Drivers de vídeo

Após a seleção, será solicitado que se forneça a senha do usuário “root” (definida na instalação do Sistema Operacional). Uma vez que a senha é introduzida, é apresentado um painel com uma lista de drivers disponíveis para instalação (Figura 3.3).

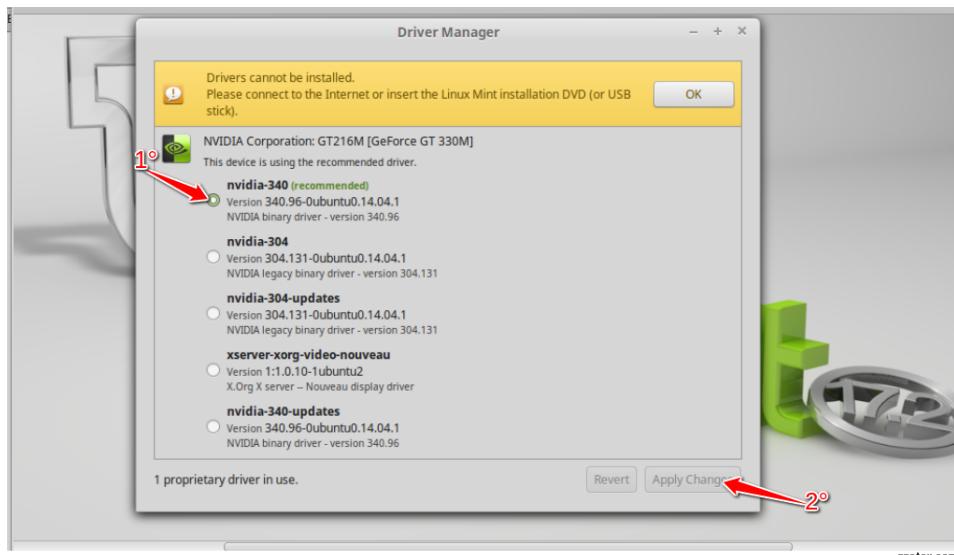


Figura 3.3: Interface para Instalação dos Drivers de Vídeo

Selecione o driver binário Nvidia recomendado e em seguida no botão “Aplicar alterações” (Apply Changes). Aguarde a instalação e reinicie o computador. Isso conclui a instalação dos drivers da placa de vídeo.

Depois de instalar o driver e reiniciar o computador, verifique se o driver está funcionando corretamente, abrindo uma janela do terminal e digitando com precisão o seguinte comando (em caso de dúvida, copie e cole diretamente nesta página da web):

```
1 glxinfo | grep vendor
```

O terminal deve responder com o seguinte:

```
1 server glx vendor string: NVIDIA Corporation
2 client glx vendor string: NVIDIA Corporation
3 OpenGL vendor string: NVIDIA Corporation
```

Se a resposta for diferente, especificamente, se não imprimir "NVIDIA Corporation" nas três linhas, ocorreu um erro na instalação do driver. Esse problema precisa ser corrigido antes de continuar.

3.1.2 Criação das Teclas de Atalho

Uma vez que os drivers de vídeo estão instalados, recomenda-se atribuir teclas de atalho para alternar as janelas da aplicação entre os modos de tela cheia (full screen) e de janela.

Para isso, no Menu apresentado na Figura 3.4, selecione as opções “Centro de Controle”, “Atalhos de teclado”. Alternativamente, pode-se inserir o texto “atalho” na caixa de pesquisa apresentada ao se selecionar a opção “Central de Controle”, como mostra a Figura 3.4.

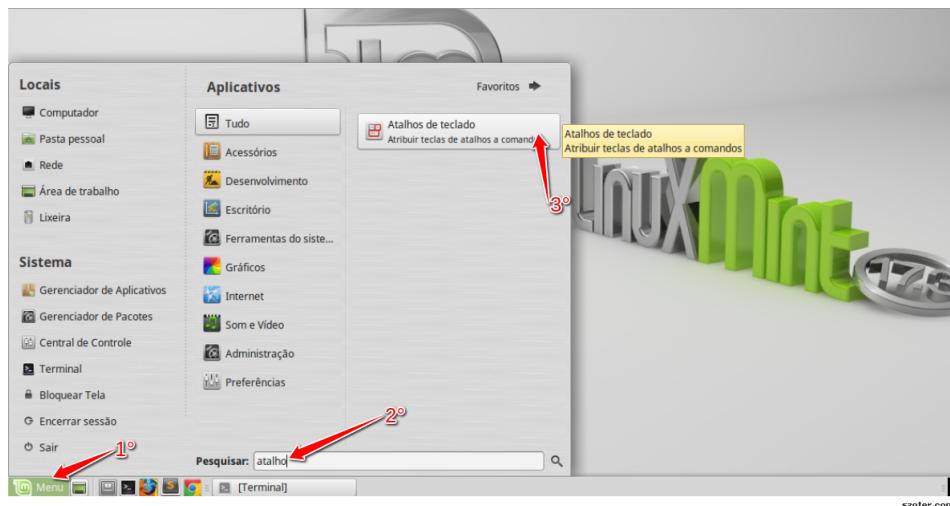


Figura 3.4: Acesso ao Menu Atalhos de Teclado

Ao selecionar a opção de Atalhos, uma nova janela é apresentada (Figura 3.5). Nessa janela, localize a opção “Gerenciador de Janela” (Window Management), e depois “Alternar o modo de tela cheia”.

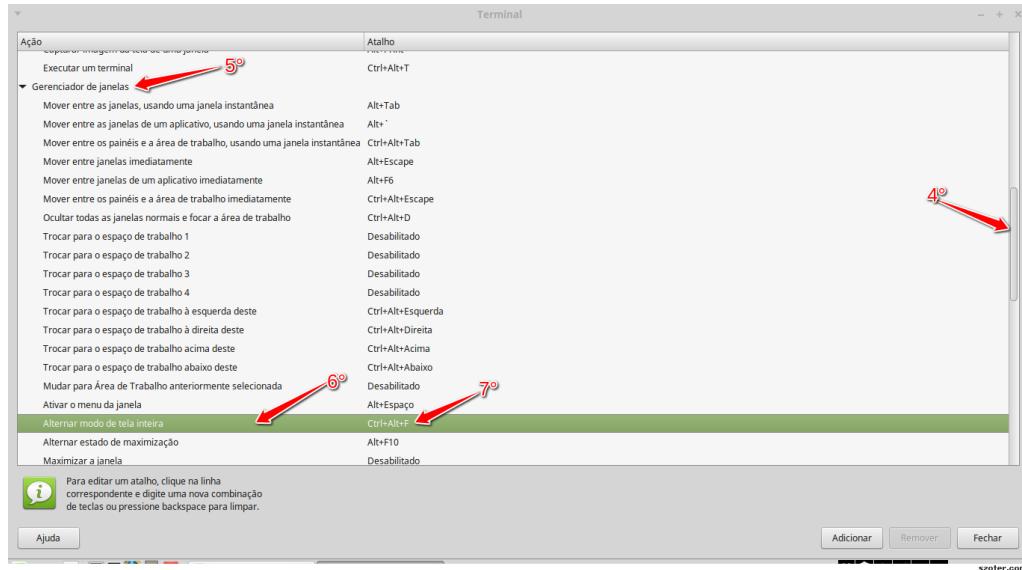


Figura 3.5: Interface para Definição de Teclas de Atalho

Uma vez selecionada essa opção, atribua um novo atalho, por exemplo Ctrl+Alt+F. Essa combinação de teclas irá fazer uma aplicação em modo janela alternar para tela cheia, ou vice-versa.

Embora a combinação de teclas é opcional, ou seja, cada usuário pode selecionar quais teclas devem ser pressionadas de acordo com sua conveniência, será considerada a combinação Ctrl+Alt+F nesse guia.

3.2 Download e Instalação dos Softwares

Os passos a seguir descrevem como proceder para instalar o software da SARndbox, e dos demais pacotes de software utilizados para que sua execução ocorra sem problemas. É importante que o usuário a fazer essa instalação seja administrador do sistema (“root”).

Inicialmente, abra uma janela do terminal e digite precisamente os comandos a seguir (em caso de dúvida, recortar e colar diretamente deste manual, uma linha de cada vez). O símbolo ~ é uma abreviação para o diretório home do usuário.

3.2.1 Vrui

```
1 cd ~
2 wget https://raw.githubusercontent.com/projetosar/SARndbox/V2.0/Build-Ubuntu.sh
3 bash Build-Ubuntu.sh
```

Estes comandos são utilizados para fazer download dos arquivos que serão utilizados para instalação dos softwares Vrui, Kinect e SARndbox. Uma vez que essas instruções tenham concluído sua execução, deve-se proceder com os comandos.

```
1 rm ~/Build-Ubuntu.sh
```

Ao executar a instrução da linha 2, será solicitada a senha do usuário para instalar bibliotecas de pré-requisitos e então implantar o Vrui VR toolkit. Isso pode demorar um pouco e, ao final da execução, deve ser apresentada uma janela contendo um globo terrestre em movimento.

Se a janela não aparecer, significa que ocorreu algum erro na instalação. Os erros podem ser diversos, sendo que os mais comuns são:

- a placa de vídeo não é adequada;
- existe dependência de alguma biblioteca, ou seja, é preciso instalar alguma biblioteca exigida pelo Vrui;
- o driver da placa de vídeo foi instalado, porém o computador não foi reiniciado.

Se não ocorrer nenhum erro, ou seja, a janela contendo o globo terrestre apareceu, então essa janela pode ser fechada e, novamente no terminal, os seguintes comandos devem ser digitados, para que seja instalado o software que faz a comunicação com o sensor Kinect:

3.2.2 Kinect

```

1 cd ~/src
2 wget https://github.com/projetosar/SARndbox/raw/V2.0/Kinect-3.7.tar.gz
3 tar xfz Kinect-3.7.tar.gz
4 cd Kinect-3.7
5 make
6 sudo make install
7 sudo make installudevrules

```

Finalmente, deve-se instalar o software da SARnbox, digitando as seguintes instruções no terminal:

3.2.3 SARndbox

```

1 cd ~/src
2 wget https://github.com/projetosar/SARndbox/raw/V2.0/SARndbox-2.6.tar.gz
3 tar xfz SARndbox-2.6.tar.gz
4 cd SARndbox-2.6
5 make

```

Após a instalação, todos os utilitários e aplicativos de suporte (RawKinectViewer e KinectViewer) estarão instalados em `~/Vrui-4.6-005/bin` e os utilitários de calibração e aplicação principal da SARndbox estará em `/src/SARndbox-2.6/bin`.



4. Configuração



Para auxiliá-lo no processo de instalação, recomendamos que acompanhe nosso tutorial em vídeo no *YouTube* (<https://tinyurl.com/SarndboxUTFPR>)

Essa é a etapa em que o software da SARndbox, por meio da ferramenta *RawKinectViewer* instalada no processo anterior, faz a leitura tridimensional da superfície da areia. A aplicação exibirá uma visualização em tempo real enquanto a câmera do sensor Kinect é alinhada.

4.1 Medição da Extensão da Superfície

O software da SARndbox precisa saber as extensões laterais visíveis da superfície da areia no que diz respeito ao plano da base.

Esses valores são definidos medindo as posições 3D dos quatro cantos da superfície da areia usando uma ferramenta chamada *RawKinectViewer*, que permite obter feedback visual em tempo real enquanto a câmera Kinect é alinhada.

Importante: Antes de iniciar o processo via software, prepare a areia deixando-a plana.

Para iniciar o *RawKinectViewer*, é preciso abrir uma janela do terminal e digitar os seguintes comandos:

```
1 cd ~/src/SARndbox-2.6
2 ~/Vrui-4.6-005/bin/RawKinectViewer -compress 0
```

Isso inicia a aplicação, cuja interface é mostrada na Figura 4.1.

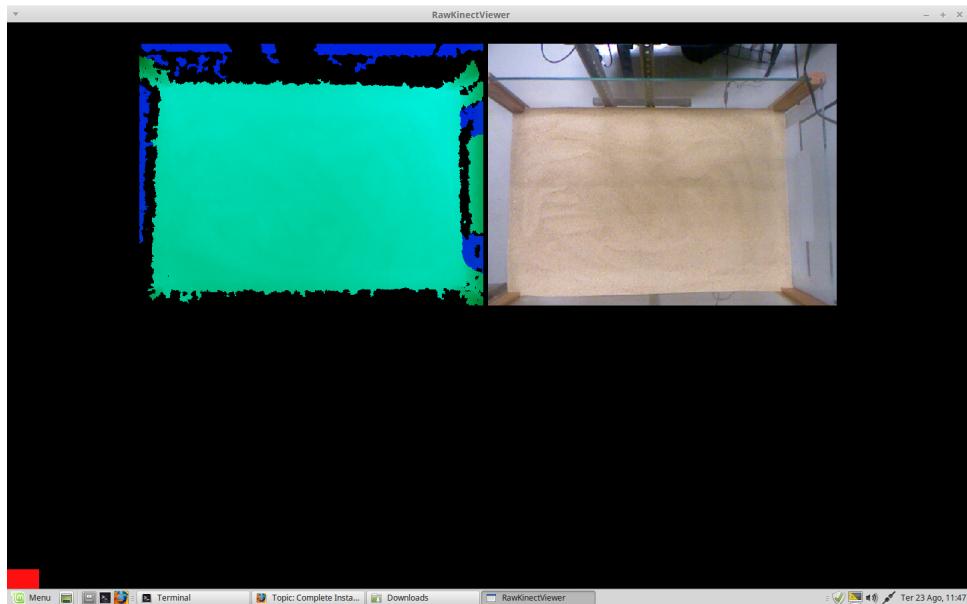


Figura 4.1: Interface da Ferramenta *RawKinectViewer*

Nessa interface, duas imagens são apresentadas. Se o sensor estiver devidamente posicionado, é possível visualizar, à esquerda, uma imagem gerada pelo *RawKinectViewer*, enquanto na parte direita temos a imagem capturada pela câmera do sensor, que deve ser a da caixa de areia.

Com a aplicação iniciada, pressione simultaneamente as teclas Ctrl + Alt + F para a exibição em tela cheia. Em seguida, posicione o cursor do mouse no centro da imagem à esquerda e pressione a tecla Z ao mesmo tempo em que clicar e puxar a imagem do *RawKinectViewer* para o centro, até que esta ocupe a maior área da tela, sem que corte a própria tela da aplicação, assim como na Figura 4.2.

O próximo passo é escolher uma tecla de atalho para selecionar a área desejada (usaremos a tecla P). Para isso pressione a tecla P (e mantenha pressionada), posicione o cursor sobre a opção “*Extract Planes*” no menu que será exibido (Figura 4.2) e solte a tecla P.

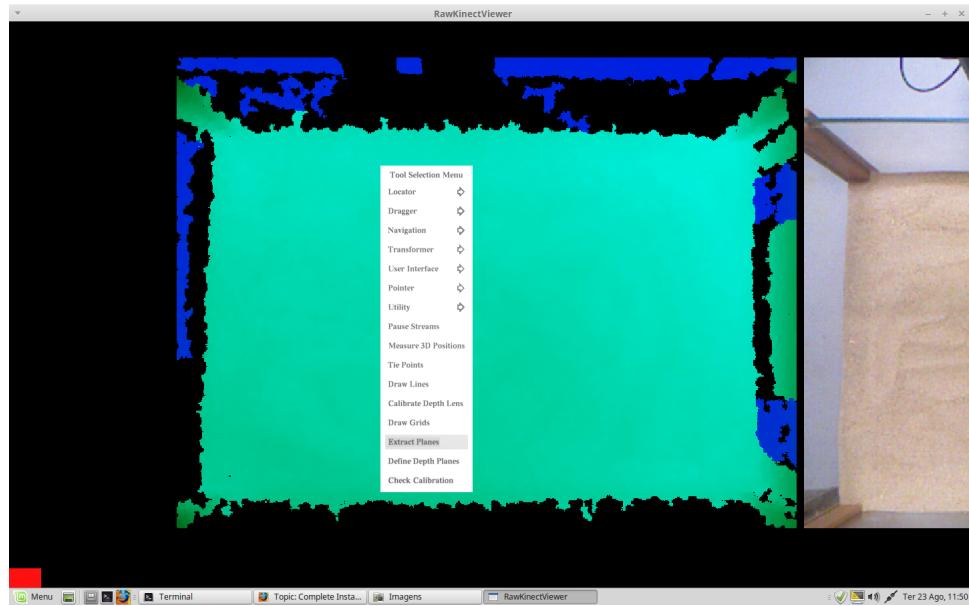


Figura 4.2: Menu de Contexto para a opção “Extract Planes”

Após isso, um clique com o botão direito do mouse deve fazer surgir outro menu (Figura 4.3), onde será possível selecionar a opção “*Average Frames*”. Essa operação deve demorar cerca de 3 segundos até a imagem congelar.

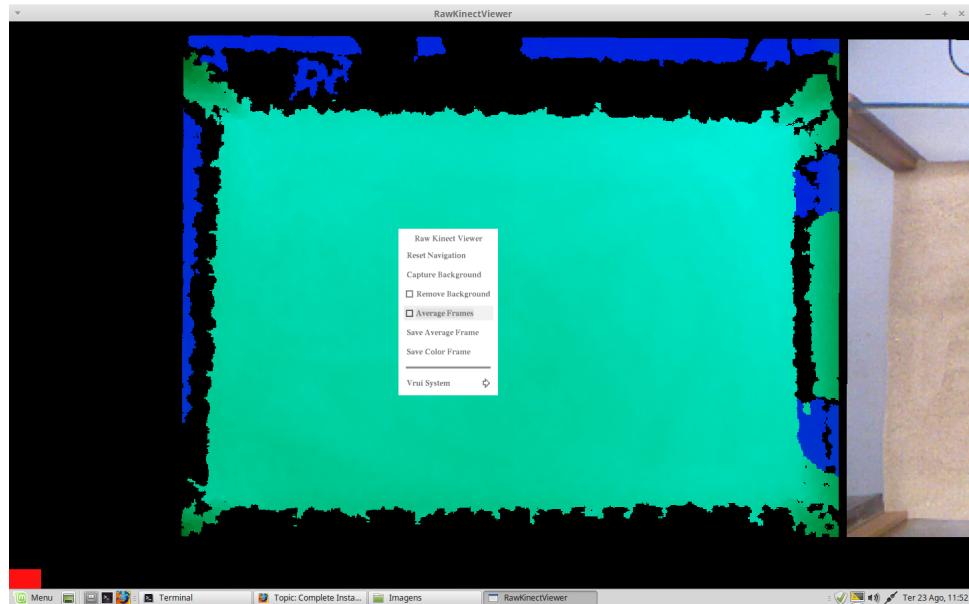


Figura 4.3: Seleção da Opção “Average Frames”

O próximo passo é definir a área da imagem que corresponde à superfície da areia (retângulo destacado na Figura 4.4). Isso é feito da seguinte forma: posiciona-se o cursor do mouse no canto superior esquerdo do retângulo, pressiona-se a tecla P (conforme selecionada anteriormente) e, sem clicar com o mouse, apenas arraste o cursor, deslocando-o até o canto inferior direito.

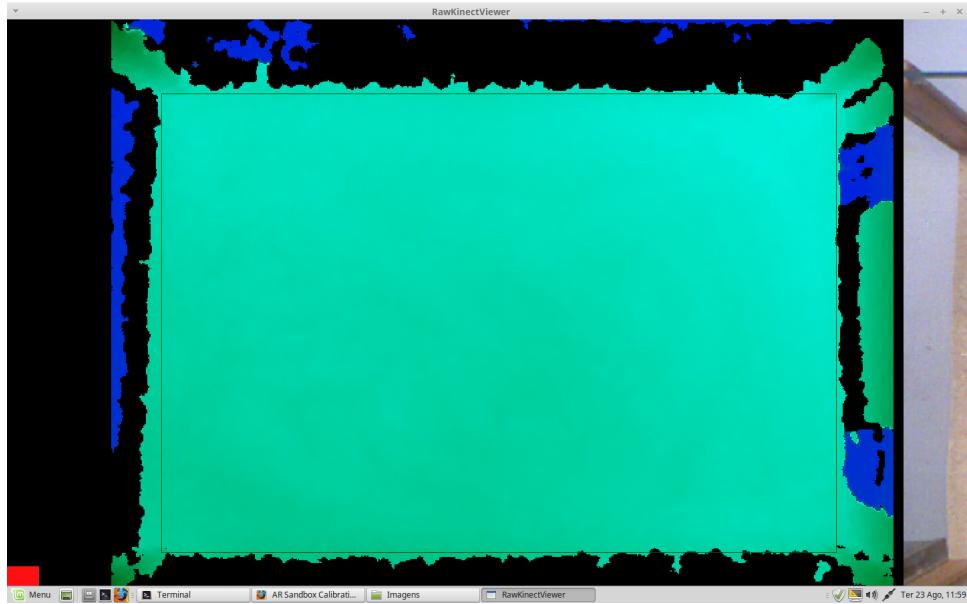


Figura 4.4: Definição da Área Correspondente à Superfície da Areia

Nessa etapa, deve-se evitar as áreas da imagem em preto (fora da superfície da areia). Esse processo deve ser repetido até que o retângulo seja selecionado apenas dentro da área da areia. Se tudo ocorreu corretamente, na janela do terminal 2 valores serão escritos: *Depth-Space* e *Camera Space*, e pode-se desmarcar a opção “*Average Frames*”.

Uma vez definida a área na imagem, é preciso criar uma ferramenta de medição 3D. No mesmo menu apresentado na Figura 4.3. Assim como no passo anterior, escolha uma tecla de atalho diferente da anterior (usaremos a tecla O como exemplo) para marcar os pontos de extremidade referentes à área que capturamos anteriormente. Para isso pressione a tecla O (e mantenha pressionada), posicione o cursor sobre a opção “*Measure 3D Positions*” no menu que será exibido (Figura 4.2) e solte a tecla O.

Assim como na etapa anterior, clique com o botão direito do mouse para exibir o menu (Figura 4.3), selecione a opção “*Average Frames*”. Essa operação deve demorar cerca de 3 segundos até a imagem congelar.

Na sequência, posicionamos o mouse, sequencialmente, nos quatro cantos da imagem da superfície da areia, obedecendo a ordem: canto inferior esquerdo, canto inferior direito, canto superior esquerdo, canto superior direito (Figura 4.5)). Em cada canto, ao posicionar o cursor, pressione a tecla O para capturar cada ponto.

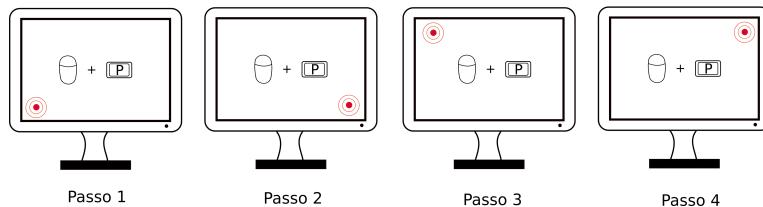


Figura 4.5: Captura das dimensões de superfície

Ao final desse procedimento, na janela do terminal teremos duas linhas: *depth-space* e *camera-space*, seguidas por quatro linhas, cada uma com os valores referentes às coordenadas de cada um dos pontos na caixa de areia (Figura 4.6). Caso essas linhas não sejam exibidas, é preciso refazer esse passo.

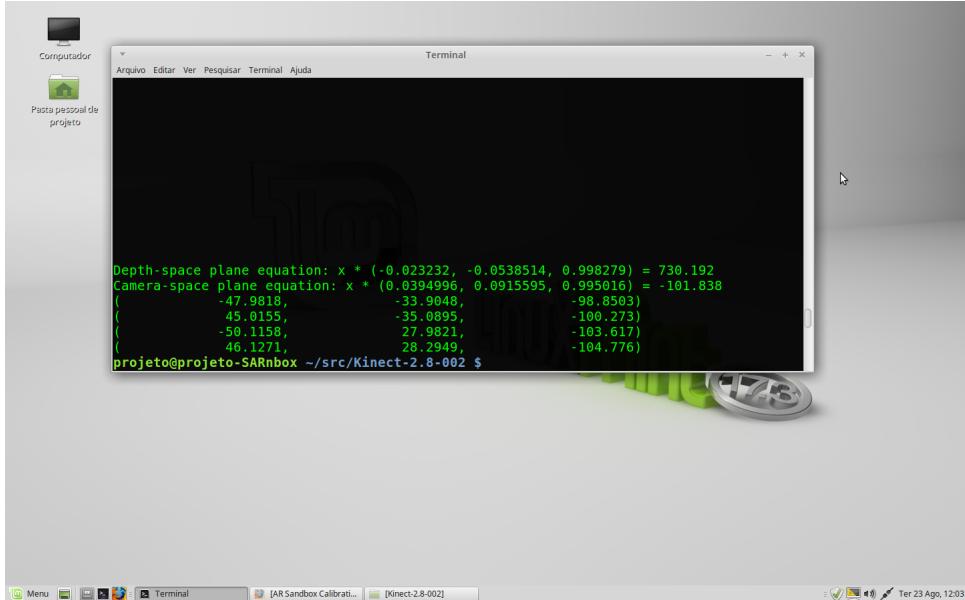


Figura 4.6: Tela do Terminal Após a Medição da Superfície da Areia

Após isso, pode-se fechar a ferramenta *RawKinectViewer*, copiar os valores exibidos no terminal e colar em um arquivo texto, que deve ser salvo com o nome de **BoxLayout.txt**

Uma vez obtidos esses dados, deve-se gravar esses valores em um arquivo chamado **BoxLayout.txt**. Esse arquivo está localizado dentro da pasta SARndbox-2.6 (Caso a instalação tenha sido feita obedecendo as configurações padrão)

Os valores copiados são apresentados na Figura 4.7 (destacados em vermelho). Note que o primeiro valor – *camera-space* possui um sinal de igual (=), que deve substituído por uma vírgula (,) no arquivo. Na Figura 4.7 também é apresentado o resultado final do arquivo **BoxLayout.txt**, após as modificações (os valores vão variar de acordo com os dados obtidos a cada configuração).

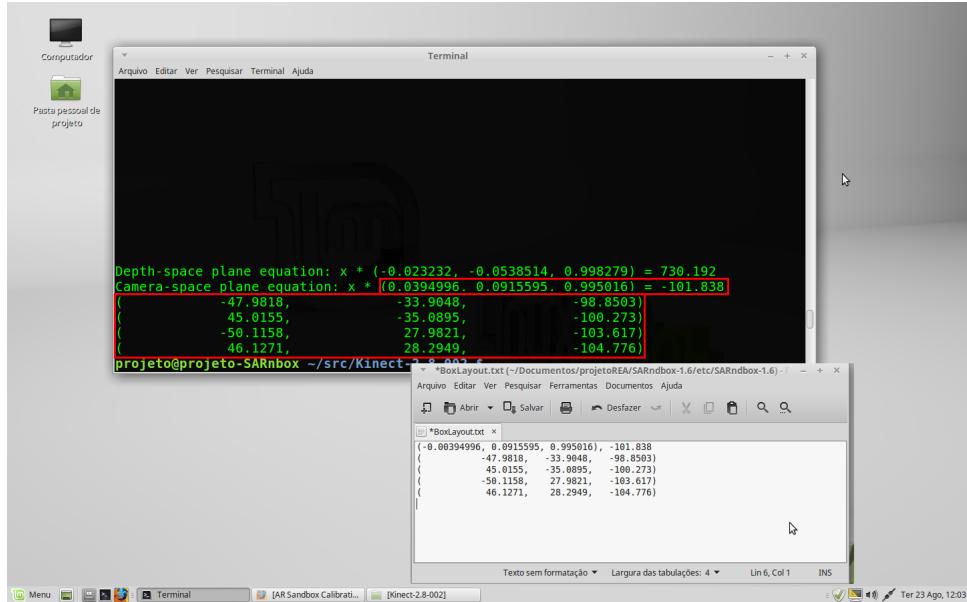


Figura 4.7: Resultado Final do Processo e Formato do Arquivo BoxLayout.txt

Existe um vídeo descritivo que pode ser usado para auxiliar essa etapa. O processo descrito aqui é apresentado nos 10:10 minutos iniciais do vídeo¹

4.2 Cálculo da Matriz de Calibração

O processo descrito a seguir deve ser feito com a imagem em “tela cheia”, projetada sobre a superfície da areia. Esse processo é o mais sensível e pode requerer que seja reiniciado diversas vezes.

O último passo da montagem é calibrar a câmera Kinect e o projetor um em relação ao outro. Esta etapa deve ser realizada com cautela, ou as cores e linhas de contornos topográficas não vão aparecer no lugar certo.

A partir do momento que iniciar a calibração não se deve alterar a posição do sensor Kinect, nem do projetor, e esse processo deve ser repetido toda vez que esses componentes forem movidos. O processo de calibração utiliza a ferramenta *CalibrateProjector*. Para iniciar sua execução, em uma janela do terminal, digitamos:

```

1 cd ~/src/SARndbox-2.6
2 ./bin/CalibrateProjector -s <width> <height>

```

onde <width> <height> são a largura e altura da imagem do projetor em pixels. Por exemplo, para um projetor com resolução 1024x 768 (que é a resolução recomendada), o comando seria:

```

1 cd ~/src/SARndbox-2.6
2 ./bin/CalibrateProjector -s 1024 768

```

Nessa etapa será utilizado um objeto circular que servirá como um alvo. Este objeto deve ter seu centro marcado de alguma forma.

¹Disponível em: <https://youtu.be/EW2PtRsQQr0?t=607>

É recomendado utilizar um CD com um dos lados coberto com papel. No lado que do papel trace duas linhas ortogonais que se cruzam no centro do disco, formando uma cruz. A Figura 4.8 mostra o alvo utilizado para o processo descrito aqui.



Figura 4.8: Marcador Utilizado no Processo de Calibração

O procedimento de calibração requer posicionar o alvo em uma sequência de posições, definidas pela imagem projetada. Quando *CalibrateProjector* é iniciado, uma imagem de fundo da superfície da caixa de areia, é capturada. É importante não interromper o processo, nem colocar nenhum objeto entre a câmera e a superfície da areia. A tela inicial da ferramenta *CalibrateProjector* é apresentada na Figura 4.9.

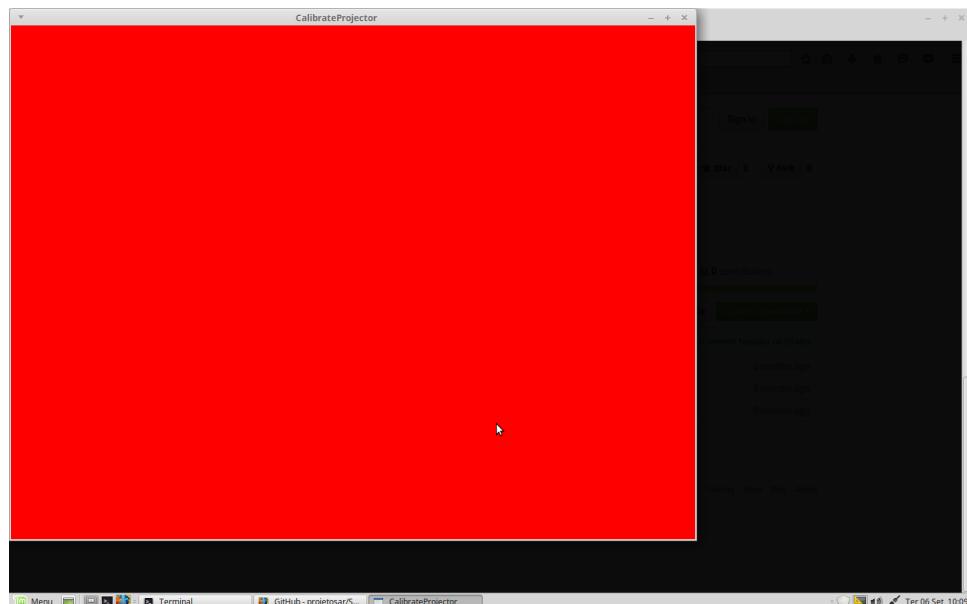


Figura 4.9: Interface Inicial da Ferramenta *CalibrateProjector*

Após a tela vermelha desaparecer, é necessário criar um atalho para captura dos pontos coletados e captura do background.

No processo aqui descrito, será definido um atalho para a tecla ‘2’. Após a imagem vermelha desaparecer, pressione ‘2’ no teclado. Isso faz com que seja exibido um menu de contexto com algumas opções. Posicione o cursor do mouse sobre a opção “capture” (Figura 4.10). A seleção da opção “capture” faz surgir um novo menu de contexto, no qual pode-se escolher qual tecla será usada para a captura do background. No processo descrito aqui, foi selecionada a tecla ‘c’ (Figura 4.11).

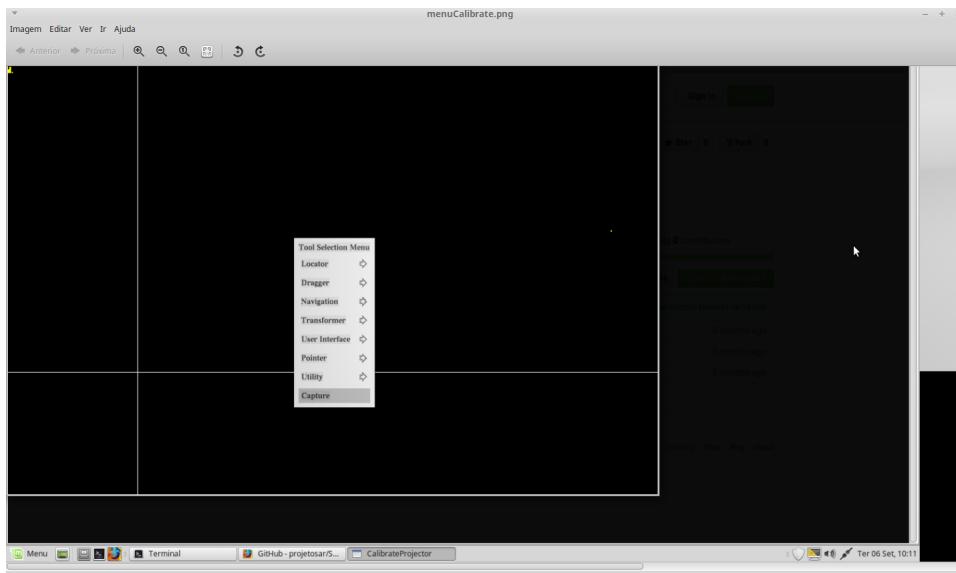


Figura 4.10: Criação de Atalho na Ferramenta *CalibrateProjector*

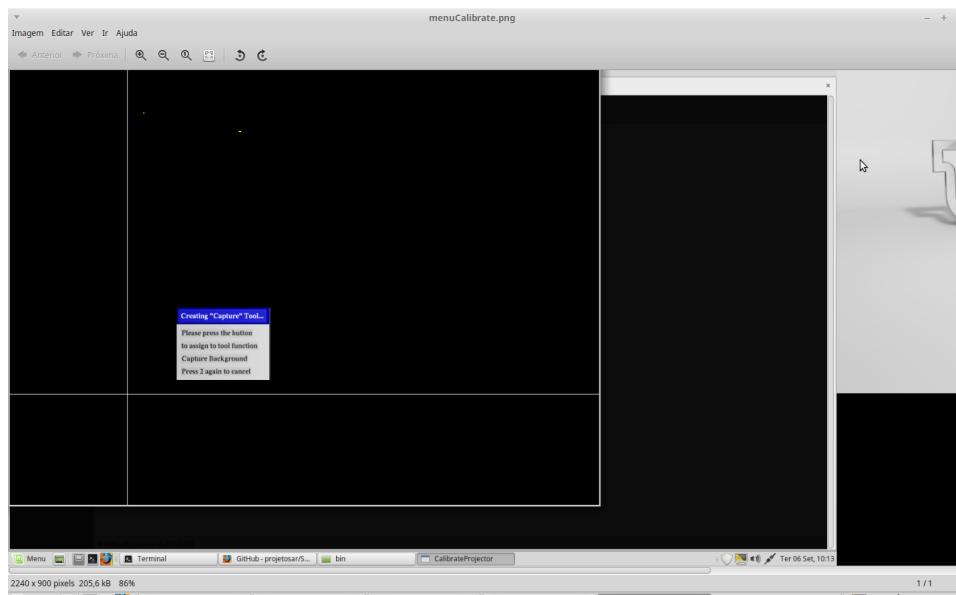


Figura 4.11: Menu para Selecionar Tecla para Captura do Background

Assim, foram criados os dois atalhos usados no processo de calibração. A tecla “2” serve para capturar os pontos necessários para que o sistema defina a matriz de calibração, enquanto a tecla “C” serve para capturar uma nova imagem de fundo.

Uma vez definidos os atalhos, deve-se obter uma sequência de pontos distribuídos no espaço. Esse processo requer que o disco seja posicionado em diversos locais aleatórios distribuídos na área da caixa de areia, com elevações variadas (acima e abaixo da areia).

Com a imagem sendo projetada sobre a areia, posicione o alvo tal que as linhas brancas projetadas na interface da ferramenta (Figura 4.12) na superfície da areia correspondam exatamente com o centro do disco.

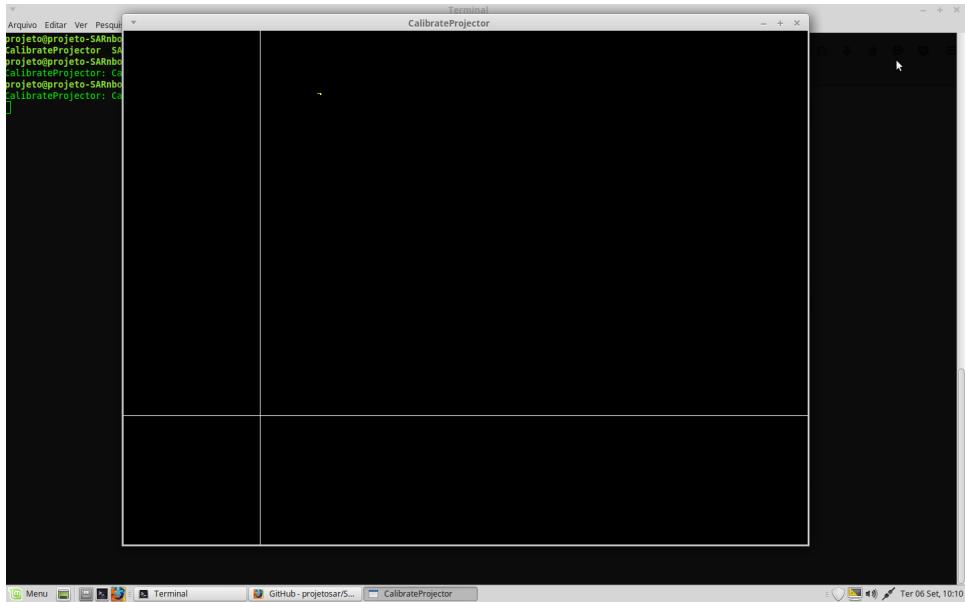


Figura 4.12: Interface da Ferramenta para Captura dos Pontos de Calibração

Para certificar de que o alvo está sendo reconhecido, o alvo deve ser identificado com a cor verde e estável. A superfície do disco deve estar paralela à areia, e deve-se variar a altura do alvo até a cor projetada sobre ele seja verde.

Uma vez que se obtém o círculo verde, pressione o botão definido para capturar o ponto (no nosso processo, foi definido como a tecla ‘2’) e aguarde até que o ponto seja capturado. É importante não mover o alvo ou mover obstruir sua imagem enquanto isso ocorre.

Tão logo o ponto seja capturado corretamente, um novo par de linhas é exibido em outro local da superfície. Esse processo é repetido automaticamente até que os 12 pontos sejam capturados.

Se, durante o processo de calibração, for necessário mudar a superfície da areia (por exemplo, escavando um buraco para posicionar o alvo em um ponto abaixo da superfície), deve-se utilizar o atalho para capturar novo background (definido nesse processo como a tecla ‘c’). Isso é feito sem que seja necessário reiniciar a calibração.

Uma vez que o conjunto de pontos tenha sido recolhido, uma matriz de calibração é calculada e exibida na tela, e esses dados são salvos dentro de um arquivo de configuração da SARndbox.

Opcionalmente, pode-se continuar a capturar pontos para que a calibração seja melhorada. A cada captura adicional esse arquivo de configuração é atualizado. Para encerrar o processo, basta fechar o aplicativo *CalibrateProjector*.

Após a primeira captura bem sucedida de pontos, a ferramenta *CalibrateProjector* passa a controlar o destino de calibração em tempo real e indica a sua posição com uma mira vermelha. Para verificar a qualidade de calibração, basta posicionar o alvo em qualquer lugar acima da superfície, retirar as suas mãos e verificar se que a cruz vermelha cruza no centro do alvo.

Como material de apoio para esse processo, recomenda-se assistir ao vídeo dos desenvolvedores, a partir do instante 10m10s até o final.

4.3 Configuração pós-instalação e ajuste de precisão

Até esse momento, as configurações básicas da SARndbox já possibilitam o uso adequado da ferramenta, mas ainda há várias melhorias (opcionais) que podem ser feitas. As etapas a seguir automatizam a exibição em tela cheia e habilitam funções que dão maior fluidez a futuros processos de configuração.

4.3.1 Criação do diretório de arquivos de configuração por aplicativo

O kit de ferramentas Vrui VR oferece suporte a arquivos de configuração por aplicativo para definir opções de exibição ou interação, além de pré-vincular ferramentas usadas regularmente. Esses arquivos de configuração são armazenados no diretório *./config/Vrui-<version>/Applications*, e recebem o mesmo nome do aplicativo ao qual pertencem, além de uma extensão *.cfg*. Para criar o diretório do arquivo de configuração, abra o terminal e execute o comando abaixo:

```
1 mkdir -p ~/.config/Vrui-4.6/Applications
```

4.3.2 Criação de um arquivo de configuração para o *CalibrateProjector*

O comando a seguir, cria um arquivo de configuração para o aplicativo *CalibrateProjector* usando o editor de texto *xed*:

```
1 xed ~/.config/Vrui-4.6/Applications/CalibrateProjector.cfg
```

Para esse novo arquivo, cole o seguinte texto:

```
2 section Vrui
3   section Desktop
4     section Window
5       # Force the application's window to full-screen mode:
6       windowFullscreen true
7     endsection
8
9   section Tools
10    section DefaultTools
11      # Bind a tie point capture tool to the "1" and "2" keys:
12      section CalibrationTool
13        toolClass CaptureTool
14        bindings ((Mouse, 1, 2))
15      endsection
16    endsection
17  endsection
18 endsection
19 endsection
```

Salve o novo arquivo e feche o editor de texto.

Se você iniciar o *CalibrateProjector*, sua janela entrará no modo ‘Tela Cheia’, sem barras de título ou painéis restantes. Se você pressionar a tecla “1”, o programa irá capturar um ponto de ligação de calibração, e se você pressionar a tecla “2”, ele irá capturar novamente o fundo, indicado pela tela ficando vermelha por dois segundos.

Você pode substituir os nomes das teclas “1” e “2” na tag “bindings” (dentro do arquivo) por quaisquer outras teclas que desejar.

4.3.3 criar um arquivo de configuração para a SARndbox

Crie um arquivo de configuração para o aplicativo SARndbox usando o editor de texto *xed*:

```
20 xed ~/.config/Vrui-4.6/Applications/SARndbox.cfg
```

Para esse novo arquivo, cole o seguinte texto:

```
21 section Vrui
22   section Desktop
23     # Disable the screen saver:
24     inhibitScreenSaver true
25
26   section MouseAdapter
27     # Hide the mouse cursor after 5 seconds of inactivity:
28     mouseIdleTimeout 5.0
29   endsection
30
31   section Window
32     # Force the application's window to full-screen mode:
33     windowFullscreen true
34   endsection
35
36   section Tools
37     section DefaultTools
38       # Bind a global rain/dry tool to the "1" and "2" keys:
39       section WaterTool
40         toolClass GlobalWaterTool
41         bindings ((Mouse, 1, 2))
42       endsection
43     endsection
44   endsection
45 endsection
46 endsection
```

Salve o novo arquivo e feche do editor de texto.

Como visto na subseção 4.3.2, isso fará com que a SARndbox inicie no modo ‘Tela Cheia’, garantindo que a calibragem criada, usando o *CalibrateProjector*, corresponda exatamente à usada pela SARndbox real. Além disso, a configuração *inhibitScreenSaver* impedirá que a tela fique em branco se nenhuma tecla for pressionada e a configuração *mouseIdleTimeout 5.0* ocultará o cursor do mouse após cinco segundos de inatividade. Finalmente, a seção *WaterTool* liga uma ferramenta para adicionar ou remover a água de/para a SARndbox inteira, pressionando “1” para chover, e “2” para drenar a água. Como anteriormente, é possível definir as teclas que preferir.

4.4 Criação de ícone de execução para Área de Trabalho

Executar a SARndbox exige digitar uma longa linha de comando em uma janela do terminal, o que pode ser entediante. Como solução, é possível criar um ícone na área de trabalho e abrir a aplicação apenas com um clique duplo. Para isso, basta criar um script com os argumentos da linha de comando e vinculá-lo a um ícone da área de trabalho.

Para criar um Shell script, execute o código abaixo em uma janela do terminal:

```
1 xed ~/src/SARndbox-2.6/RunSARndbox.sh
```

Isto abrirá o editor com um arquivo vazio. Cole o seguinte conteúdo nesse arquivo:

```
1#!/bin/bash
2
3# Enter SARndbox directory:
4cd ~/src/SARndbox-2.6
5
6# Run SARndbox with proper command line arguments:
7./bin/SARndbox -uhm -fpv
```

Adicione quaisquer argumentos de linha de comando que você normalmente usa ao executar a SARndbox pela linha de comando. Em seguida, salve o arquivo, feche o editor de texto e execute a instrução abaixo no mesmo terminal:

```
1 chmod a+x ~/src/SARndbox-2.6/RunSARndbox.sh
```

Com isso, o sistema operacional permitirá que o Shell script seja executado. Para criar um ícone na área de trabalho, execute a próxima instrução no terminal:

```
1 xed ~/Desktop/RunSARndbox.desktop
```

Dentro do arquivo de texto vazio, cole o seguinte conteúdo:

```
1#!/usr/bin/env xdg-open
2[Desktop Entry]
3Version=1.0
4Type=Application
5Terminal=false
6Icon=mate-panel-launcher
7Icon[en_US]=
8Name[en_US]=
9Exec=/home/<username>/src/SARndbox-2.6/RunSARndbox.sh
10Comment[en_US]=
11Name=Start the AR Sandbox
12Comment=
```

Substitua <username> pelo seu nome de usuário real, para localizar o Shell script criado na etapa anterior. Em seguida, salve o arquivo, saia do editor de texto e torne o arquivo executável com a instrução abaixo:

```
1 chmod a+x ~/Desktop/RunSARndbox.desktop
```

Agora basta clicar duas vezes no ícone para iniciar a SARndbox com os argumentos da linha de comando configurados anteriormente. Caso queira modificar esses argumentos, basta editar o script.



5. Execução da SARndbox

Para executar a SARndbox, há duas possibilidades: no terminal, ir até o diretório onde se encontram os executáveis *bin*, e iniciar a aplicação, da seguinte forma:

```
1 cd ~/src/SARndbox-2.6/bin  
2 ./SARndbox
```

Ou informar o caminho completo da aplicação:

```
1 ~/src/SARndbox-1.6/bin/SARndbox
```

5.1 Opções de execução

Quando a SARndbox é sem nenhum parâmetro ou opção de entrada, ela executa utilizando os seus valores padrões (*default*). Esses valores podem ser alterados de acordo com a necessidade do usuário, fornecendo opções ao invocar a execução do sistema. A forma de utilizar é:

```
1 ./SARndbox [opcao 1] [opcao 2]... [opcao n]
```

A Tabela 5.1 apresenta algumas das opções existentes, como utilizá-la e os valores padrões que a SARndbox utiliza.

Opção	Descrição	Valor Padrão	Parâmetros
-h	Exibe uma mensagem de ajuda listando os comandos SARndbox disponíveis		
-c	Seleciona o local da câmera Kinect de acordo com índice fornecido (0: primeira câmera no barramento USB)	0	<Índice da câmera>
-f	Lê um fluxo de vídeo 3D pré-gravado de um par de cor / profundidade		<prefixo do nome do arquivo de quadro>

-s	Fator de escala real da SARndbox para o terreno simulado	100,0 (escala de 1: 100, 1 cm na área de segurança é 1m no terreno)	<fator de escala>
-slf	Carrega o arquivo de acordo com o nome fornecido	BoxLayout.txt	<Nome do arquivo Layout da SARndbox>
-er	Define a variação da elevação da superfície da areia em relação a área plana, em centímetros	Mapeamento de cores por elevação	<Elevação mínima> <Elevação máxima>
-hmp	Define uma equação explícita do plano base para usar o mapeamento de cores de altura		<x> <y> <z> <deslocamento>
-nas	Define o número médio de slots no frame filter, a latência é o <número de slots> *1/30 segundos	30	<Número médio de slots>
-sp	Define os parâmetros do frame filter, número mínimo de amostras válidas e variância máxima da amostra antes da convergência	10 2	<Número mínimo de amostras> <Variância máxima>
-he	Define o tamanho do envelope de histerese usado para a remoção do Jitter	0.1	<Envelope de histerese>
-wts	Define a largura e a altura da grade de simulação de fluxo de água	640 480	<Largura da grade de água> <Altura da grande de água>
-ws	Define a velocidade relativa da simulação de água e o número máximo de passos (step) de simulação por frame	1.0 30	<Velocidade da água> <Velocidade da água por steps>
-rer	Define a faixa de elevação do nível da nuvem de chuva em relação ao plano de área em centímetros	Uma distância acima do mapa de cores de elevação	<Elevação mínima da chuva> <Elevação Máxima da chuva>
-rs	Define a intensidade da chuva global ou local em cm/ s	0.25	<Força chuva>
-evr	Taxa da evaporação da água em cm / s	0.0	<Taxa de evaporação>
-dds	Fator de escala da distância de harmonização do DEM em cm	1.0	<escala de distância DEM>
-wi	Define o índice baseado em zero da janela de exibição para a qual as configurações de renderização são aplicadas	0	<índice da janela>
-fpv	Fixa a transformação de navegação de modo que a câmera Kinect e o projetor estão alinhados, como definido pelo arquivo de calibração projetor		
-nhs	Desabilita sombreamento do morro (collina)		

-uhs	Habilita sombreamento do morro (colina)		
-ns	Desabilita sombreamento		
-us	Habilita sombreamento		
-nhm	Desabilita mapeamento de cores por elevação		
-uhm	Habilita o mapeamento de cores por elevação		
-ncl	Desabilita linha de contorno topográficas		
-ucl	Habilita linhas de contorno topográficas e define a distância de elevação entre as linhas de contorno adjacentes ao valor especificado em cm	Espaçamento de linha de contorno padrão: 0,75	
-rws	Renderiza a superfície da água como superfície geométrica		
-rwt	Renderiza a superfície da água como textura		
-wo	Define a profundidade da água em que a água aparece opaca em centímetros	2.0	<Opacidade da água>
-cp	Define o nome de um chamado POSIX pipe do qual se lê comandos de controle		<Nome do pipe de controle>

Tabela 5.1: Opções de Execução da SARndbox



6. Práticas Didáticas

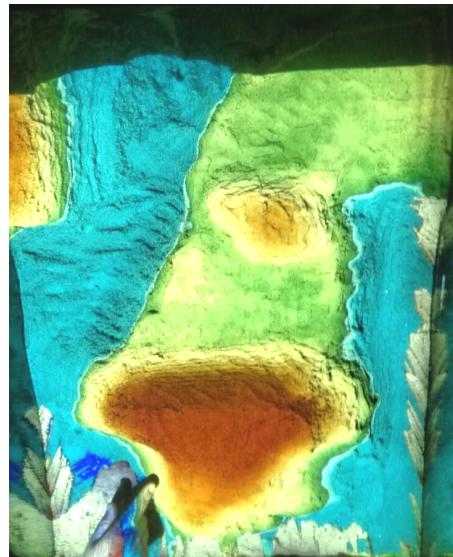
O relevo apresenta importância fundamental no processo de ocupação antrópica, uma vez que se constitui como a base para o desenvolvimento das atividades da sociedade. Neste sentido, conhecer e compreender a estrutura e dinâmica do relevo se torna fundamental para que a ocupação possa ser feita de forma planejada, evitando processos que coloquem em risco a população e o desencadeamento de problemas ambientais.

O uso de ferramentas tecnológicas neste contexto permite com que os processos sejam compreendidos de forma mais dinâmica. Nesta perspectiva, são apresentadas algumas formas de aplicação¹ da SARndbox na área ambiental, com exemplos e indicação de ferramentas auxiliares. As aplicações podem envolver tanto atividades relacionadas ao ensino básico e superior, como em relação a projetos de consultoria de empresas públicas e/ou privadas, entre outros projetos que tenham o relevo como objeto de análise.

¹Nas práticas apresentadas aqui, a escala utilizada é de 1:10000, e a equidistância é de 100m. Esses valores podem ser alterados de acordo com as preferências do usuário da SARndbox.

6.1 Formas de Relevo

“Quem tem o hábito de observar a paisagem ao longo de qualquer percurso, vê passar diante de seus olhos uma série de formas de relevo, às vezes muito variadas, às vezes monótonas e repetitivas. Qualquer que seja o nosso itinerário o relevo varia, pouco ou muito, de espaço a espaço. Ora passam diante do observador ocasionais terrenos planos e férteis, ora ondulações sob a forma de colinas ou de morros baixos. Além, vêm terrenos muito mais accidentados e montanhosos, silhuetas de planaltos e verdadeiras montanhas, um ou outro pico em destaque contra o céu. Próximo ao mar, terras e águas se alternam através das mais variadas combinações. Ora aparecem pontas e promontórios, a frente dos quais se prolongam ilhas e ilhotas, ora aparecem enseadas e baías dos mais variados tipos e dimensões, em cujos fundos estendem-se concavidades de praias” [1]



O **Relevo** é compreendido como o resultado de forças diferentes, sintetizadas pelas atividades tectônicas, estruturais e climáticas ocorridas ao longo do tempo geológico. Compreender as formas de relevo envolve considerar a relação entre a estrutura e o formato, no intuito de associar de forma direta o trabalho dinâmico presente nas formações [2].

6.1.1 Aplicação: Criando Formas de Relevo

O que fazer

Construir na areia, diferentes formas de relevo, trabalhando conceitos relacionados com cada forma, sua gênese e evolução. As formas de relevo a serem construídas podem ser morros, colinas, chapadas, planícies, entre outras.

Temas envolvidos

Os temas que estão envolvidos nesta aplicação envolvem gênese e evolução do relevo, unidades estruturais e relevos derivados, formas de relevo e clima, formas e processos nas encostas/vertentes.

Sugestões de aplicação

A partir da construção de formas de relevo distintas, pode-se explorar em que situações ocorrem estas formas de relevo, relacionando com unidades estruturais, gênese e evolução. Também é possível explorar a relação com os agentes de denudação, considerando tipo climático, tipo de vegetação e ocupação antrópica:

- Morros e Colinas
- Chapada
- Planície litorânea
- Cânion
- Cadeia de Montanhas
- Vertentes retilínea, convexa e côncava

As formas de relevo podem ser construídas com mais proximidade do real, considerando a escala (1:10.000) e eqüidistâncias (1:100). Por exemplo, pode-se reproduzir determinada forma real tendo

como base as curvas de nível. Para isso, cartas topográficas podem ser baixadas no site do IBGE² ou, no caso do Paraná, no site do ITCG³. Também é possível utilizar imagens do Google Maps, por meio da ferramenta Terreno (6.1), a qual disponibiliza a imagem com curvas de nível.

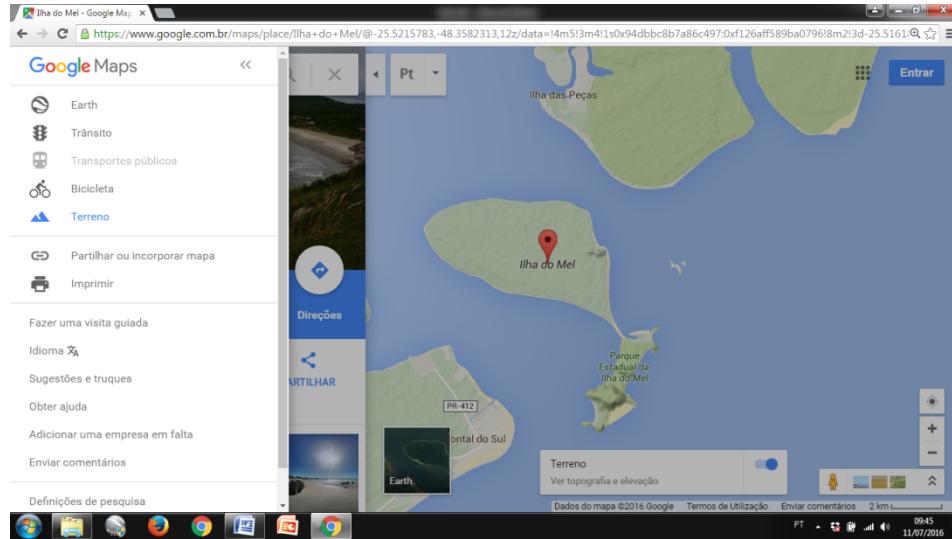


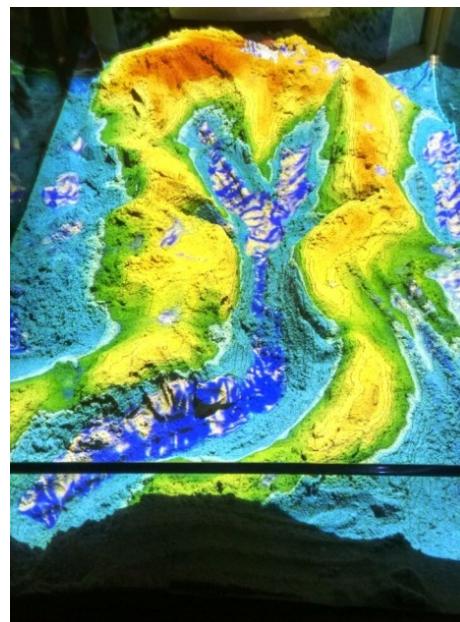
Figura 6.1: Exemplo de Imagens do Google Maps na opção 'Terreno'

²Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/folhas-topograficas.html>

³Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/print.php?conteudo=51>

6.2 Bacia Hidrográfica

“A esse tempo, muito possivelmente, a bacia hidrográfica do médio São Francisco alimentava cursos antigos da hidrografia amazônica ou nordestina” [3]



Bacia hidrográfica é toda a área que contribui por gravidade para os rios até chegar a seção que define a bacia. Para cada seção de um rio existirá uma bacia hidrográfica. Esta área é definida pela topografia da superfície. As características principais da bacia hidrográfica são a área de drenagem, o comprimento do rio principal, declividade do rio e a declividade da bacia [4].

6.2.1 Aplicação: Criando uma Bacia Hidrográfica

O que fazer

Construir na areia uma bacia hidrográfica com as principais características, como: rio principal, divisor de águas, afluentes e subafluentes.

Temas envolvidos

Os temas envolvendo esta aplicação podem ser tratados de forma interdisciplinar, como delimitação de bacia hidrográfica, padrão de drenagem, tipo de rio, de canal e de drenagem, perfil longitudinal, perfil transversal, mananciais de abastecimento, uso e ocupação do solo, leis ambientais.

Sugestões de aplicação

A partir da reprodução de uma bacia hidrográfica com as características indicadas, é possível trabalhar a relação dos rios e da bacia com o relevo e com o contexto de uso e ocupação, envolvendo temas como poluição, contaminação, inundação, mata ciliar, entre outros:

- Rio principal com formato do canal retilíneo no trecho superior e meandrante no trecho inferior
- Divisor de águas definido
- Padrão de drenagem dendrítico

É interessante escolher um rio representativo em termos locais, como um rio do município ou região, para aproximar a realidade vista e vivida. Para a construção com maior proximidade do real, sugere-se utilizar cartas topográficas como base. As cartas podem ser baixadas no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE⁴ ou, no caso do Paraná, no site do Instituto de Terras Cartografia e Geociências – ITCG⁵. A escala neste caso pode ser adaptada ou ignorada. Já as eqüidistâncias podem ser adaptadas.

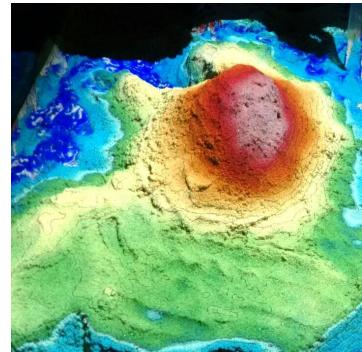
⁴Disponível em: <http://https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/folhas-topograficas.html>

⁵Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/print.php?conteudo=51>

6.3 Classificação do Relevo

“O observador mais prevenido, que se esforça para entender um pouco melhor as formas de relevo que o envolvem, tem que saber de antemão que está vendo apenas minúsculas partes de um todo, ou mesmo elementos ou componentes quase isolados de alguns conjuntos.”

[1]



Classificar o relevo é uma tentativa de sistematizar a realidade. Para tanto, torna-se necessário a sobreposição de dados, mapas, cartas em diferentes escalas, informações e observações. As classificações podem ainda ser mutáveis, pois devem acompanhar as nuances e modificações da mesma realidade [1]. Uma das classificações utilizadas envolve a relação entre classes de relevo com classes de declividade.

6.3.1 Aplicação: Classificando o Relevo

O que fazer

Construir formas de relevo para cálculo de declividade e, posterior, classificação do relevo como plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado.

Temas envolvidos

Esta aplicação envolve diversos temas da área ambiental como declividade de encostas/vertentes, deslizamentos, ocupação irregular, leis ambientais e leis de uso e ocupação do solo.

Sugestões de aplicação

Construir uma forma de relevo qualquer, calcular a declividade e classificar a forma construída conforme a relação proposta por [5] – (6.1).

Classes de Declividade (%)	Classes de Relevo
0 - 3	Plano
3 - 8	Suave Ondulado
8 - 20	Ondulado
20 - 45	Forte Ondulado
45 - 75	Montanhoso
> 75	Escarpado

Tabela 6.1: Relação entre Classes de Declividade e Classes de Relevo
Fonte: Embrapa (2006).

Para o cálculo de declividade, seguir a fórmula:

$$D = \frac{h}{l} \times 100$$

Onde,

D - Declividade em porcentagem (%)

l - Comprimento da vertente

h - Amplitude (diferença entre as cotas altimétricas do topo até o sopé)

É preciso considerar que na areia, a medida da vertente estará em centímetros, sendo necessário converter para metros, considerando a escala, uma vez que a altitude está em metros. Para isso, fazer o cálculo de Distância Real (D) antes de fazer o cálculo de Declividade, seguindo a fórmula:

$$D = E \cdot d$$

Onde,

E – Escala em centímetros

D – Distância real (em metros ou km)

d – Distância no mapa em centímetros

Para outros cálculos, se necessário:

Escala: $E = d/D$

Distância gráfica: $d = D/E$

Após o cálculo para conhecer a Distância Real, deve ser feito o cálculo de Declividade. O resultado será em porcentagem, o qual deve ser comparado na Tabela 1 com a classe de relevo especificada. A equidistância disponível é de 100 metros (mas pode ser adaptada). A escala disponível é de 1:10.000 (mas pode ser adaptada).

6.4 Relevo e Código Florestal

“Os relatores do Código Florestal falam em que as áreas muito desmatadas e degradadas poderiam ficar sujeitas a ‘(re)florestamento’ por espécies homogêneas, pensando em eucalipto e pinus. Uma prova de sua grande ignorância, pois não sabem a menor diferença entre reflorestamento e florestamento.”

[6]



O Código Florestal (Lei Nº 12.651/2012) [7] determina que áreas com declividades específicas devam ser destinadas à Área de Preservação Permanente. Ocupação em áreas de declividade acentuada pode promover o desencadeamento de processos geomorfológicos como deslizamentos de terra, afetando a integridade física dos habitantes e promovendo alterações ambientais significativas.

6.4.1 Aplicação: Reproduzindo vertentes/encostas

O que fazer

Reproduzir formas de relevo com declividades que estejam dentro dos limites de uso conforme o Novo Código Florestal (Lei Nº 12.651/2012) estabelece.

Temas envolvidos

Esta aplicação envolve temas como vertentes/encostas, uso e ocupação do solo, relação meio ambiente com leis ambientais, deslizamentos, cortes e aterros, entre outros.

Sugestões de aplicação

Reproduzir duas formas de relevo aplicando as seguintes situações, conforme previsto no Novo Código Florestal (Lei Nº 12.651/2012):

- CAPÍTULO II - DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE Art. 4, V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive
- CAPÍTULO III - DAS ÁREAS DE USO RESTRITO Art. 11. Em áreas de inclinação entre 25° e 45° (46% e 100%) serão permitidos o manejo florestal sustentável e o exercício de atividades agrossilvipastoris, bem como a manutenção da infraestrutura física associada ao desenvolvimento das atividades, observadas boas práticas agronômicas, sendo vedada a conversão de novas áreas, excetuadas as hipóteses de utilidade pública e interesse social

Para reproduzir estas situações, deve ser feito o cálculo de declividade das vertentes/encostas à medida que elas estejam sendo montadas para então saber se estão dentro dos limites da lei. Podem ser escolhidas áreas reais para serem reproduzidas, por meio de cartas topográficas que podem ser baixadas no site do IBGE⁶ ou, no caso do Paraná, no site do ITCG⁷. Também é possível utilizar imagens do Google Maps, por meio da ferramenta Terreno, a qual disponibiliza a imagem com curvas de nível.

⁶Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/folhas-topograficas.html>

⁷Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/print.php?conteudo=51>

Para o cálculo de declividade, seguir a fórmula:

$$D = \frac{h}{l} \times 100$$

Onde,

D - Declividade em porcentagem (%)

l - Comprimento da vertente

h - Amplitude (diferença entre as cotas altimétricas do topo até o sopé)

É preciso considerar que na areia, a medida da vertente estará em centímetros, sendo necessário converter para metros, considerando a escala, uma vez que a altitude está em metros. Para isso, fazer o cálculo de Distância Real (D) antes de fazer o cálculo de Declividade, seguindo a fórmula:

$$D = E \cdot d$$

Onde,

E – Escala em centímetros

D – Distância real (em metros ou km)

d – Distância no mapa em centímetros

Para outros cálculos, se necessário:

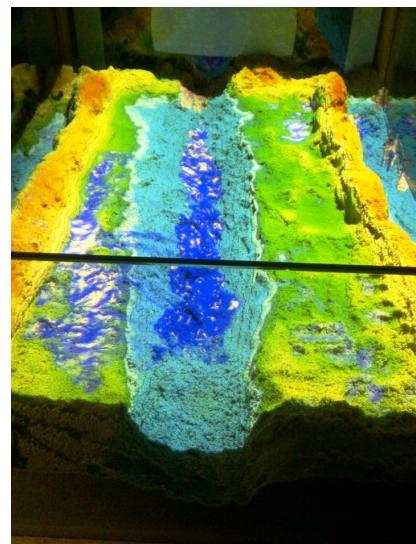
Escala: $E = d/D$

Distância gráfica: $d = D/E$

Após o cálculo para conhecer a Distância Real, deve ser feito o cálculo de Declividade. A equidistância disponível é de 100 metros (mas pode ser adaptada). A escala disponível é de 1:10.000 (mas pode ser adaptada).

6.5 Rios e Código Florestal

“...em ambas as planícies, vão se processar, dentro em breve, grandes obras de urbanização, representadas pela formação de novos bairros, construção de avenidas marginais, novos traçados ferroviários e, sobretudo, uma verdadeira revolução para a circulação interna da metrópole paulista” [8]



Os Rios e suas planícies e margens se caracterizam por formas de relevo que apresentam especificidades que necessitam ser consideradas quando da ocupação antrópica, devido à dinâmica fluvial. Os dois Códigos Florestais brasileiros (1965 e 2012) estabelecem restrições para o uso das margens dos rios, porém o de 2012 alterou os limites para medir a Área de Preservação Permanente - APP, que passou a considerar o leito regular⁸ e não mais, o nível mais alto do curso d’água. Esta situação levou a diminuição da área destinada a vegetação, o que, dependendo da dinâmica fluvial, não é suficiente para evitar enchentes e inundações. Além disso, o espaço que deveria ser APP num cenário do antigo Código poderá ser ocupado, criando assim, áreas de risco.

6.5.1 Aplicação: Construindo leitos de rios

O que fazer

Construir na areia um rio com os diferentes tipos de leito e aplicar os dispositivos dos Códigos Florestais (antigo e o novo), demonstrando as diferenças entre os dois no que se refere a forma de delimitar as Áreas de Preservação Permanente nas margens dos rios.

Temas envolvidos

Os temas desta aplicação envolvem bacia hidrográfica, tipo de rio e de canal, perfil longitudinal e transversal, leis ambientais, terraços fluviais, planície fluvial e aluvial, cheias e enchentes.

Sugestões de aplicação

Reproduzir os leitos fluviais de um rio (Figura 6.2)⁹ e trabalhar a relação entre os dois códigos florestais, discutindo as implicações destas mudanças.

⁸Novo Código Florestal brasileiro (**Lei nº 12.651/2012**) CAPÍTULO I - DISPOSIÇÕES GERAIS XIX - leito regular: a calha por onde correm regularmente as águas do curso d’água durante o ano.

⁹Disponível em: <Fonte: <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter11.html>

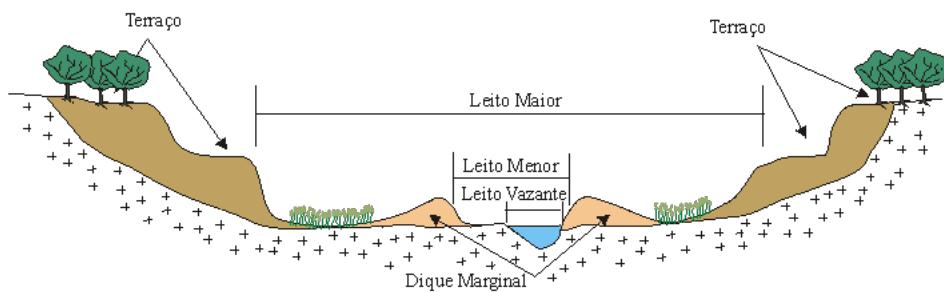


Figura 6.2: Figura Representativa dos Tipos de Leito.

Fonte: IGCE/UNESP

Referências

- [1] AB'SÁBER, A. N. *Formas do relevo: texto básico*. São Paulo, FUNBEC/Edart, 80p., 1975.
- [2] CASSETI, V. *Elementos de geomorfologia*. Goiânia: Ed. UFG, 2001.
- [3] AB'SÁBER, A. N. **Regiões de circundesnudação pós-cretácea, no Planalto Brasileiro**. *Boletim Paulista de Geografia*, , n. 1, p. 1–21, 1949.
- [4] TUCCI, C. E. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 2004.
- [5] EMBRAPA, S. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, 2006.
- [6] AB'SÁBER, A. N. **Do código florestal para o código da biodiversidade**. *Biota Neotropica*, v. 10, n. 4, p. 333, 2010.
- [7] BRASIL. **Lei n°. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2012.
- [8] AB'SÁBER, A. N. **Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo**. Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, 1956.
- [9] DE RECURSOS NATURAIS, I. C.; AMBIENTAIS, E. *Manual técnico de geomorfologia*. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.
- [10] ROSSATO, M. S. et al. *Terra: feições ilustradas*. 3 ed. Porto Alegre: UFRGS, 2008.

Autores



Maristela Denise Moresco Mezzomo Professora Adjunta Nível IV do Departamento Acadêmico de Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) câmpus Campo Mourão-PR, onde ministra aulas e orienta no Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua e nos cursos de Engenharia Ambiental e Técnico Integrado em Informática. É doutora em Geografia pela linha de pesquisa Paisagem e Análise Ambiental, junto a Universidade Federal do Paraná. Possui Mestrado, Bacharelado e Licenciatura em Geografia. É líder do Grupo de Pesquisa em Geoecologia e Gestão Ambiental, no qual desenvolve projetos de pesquisa e extensão envolvendo os temas Geoecologia, Planejamento da Paisagem, Áreas Protegidas, Recursos Hídricos, Percepção Ambiental e Qualidade Ambiental Urbana.

contato: mezzomo@utfpr.edu.br



André Luiz Satoshi Kawamoto Professor do Departamento de Ciência da Computação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) câmpus Campo Mourão – PR. Possui graduação em Bacharelado Em Ciência da Computação pela Universidade Estadual de Maringá, mestrado em Ciência da Computação pela Universidade Federal de São Carlos e doutorado pela Universidade de São Paulo. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Sistemas de Computação. Atuando principalmente nos seguintes temas: Interfaces Não Convencionais, Multimídia.

contato: kawamoto@utfpr.edu.br



Giorgio Artur Garcia Braz Aluno de graduação do curso Bacharelado em Ciência da Computação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), no campus de Campo Mourão (2016). Tem interesse por Realidade Aumentada e Interfaces Não-Convencionais aplicadas em ferramentas educacionais.

ISBN: 978-65-00-02260-5



A standard linear barcode representing the ISBN number 978-65-00-02260-5. The barcode is composed of vertical black bars of varying widths on a white background.

9 786500 022605