

DESENVOLVIMENTO DE AMBIENTES WEB EM REALIDADE AUMENTADA E REALIDADE VIRTUAL PARA ESTUDOS DE SUPERFÍCIES TOPOGRÁFICAS

*Paulo Henrique Siqueira*¹

Resumo: Este artigo apresenta o uso de recursos web, para a criação de ambientes de Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA), para o ensino de conceitos sobre superfícies topográficas. As maquetes virtuais mostradas neste trabalho foram construídas para mostrar representações gráficas de curvas de nível, seções planas e taludes de aterros. Os conceitos ensinados em disciplinas de Expressão Gráfica, comuns em cursos de Engenharias e Arquitetura, podem ser visualizados e compreendidos com a utilização dos ambientes em RA e RV mostrados neste artigo. Os alunos visualizam em RA as maquetes por meio de seus dispositivos com webcam, observando-as em diversos pontos de vista. Cada superfície topográfica modelada possui um *link* para sua respectiva representação em RV, que possibilita sua manipulação além de estudos detalhados tanto da superfície quanto dos conceitos de Expressão Gráfica envolvidos. Os ambientes em RA e RV propostos neste trabalho podem ser usados em disciplinas de Projeções Cotadas, Topografia e Geografia.

Palavras-chave: Realidade Aumentada, Realidade Virtual, Superfícies Topográficas, Maquetes Virtuais.

Abstract: This paper presents the use of web resources, for the creation of Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) environments for teaching concepts on topographic surfaces. The virtual mockups shown in this work were built to show graphical representations of level contours, plane sections and embankments. The concepts taught in Graphic Expression disciplines, common in Engineering and Architecture courses, can be viewed and understood using the AR and VR environments shown in this article. Students view models in AR from their webcam devices, watching them from various viewpoints. Each modeled topographic surface has a link to its respective VR representation, which allows its manipulation and detailed studies of the surface and the concepts of Graphic Expression involved. The RA and RV environments proposed in this paper can be used in Descriptive Geometry, Topography and Geography disciplines.

Keywords: Augmented Reality, Virtual Reality, Topographic Surfaces, Virtual Mockups.

¹ Departamento de Expressão Gráfica – Universidade Federal do Paraná. paulohs@ufpr.br.

1 Introdução

O uso de recursos auxiliares permite a melhor compreensão, por parte dos alunos, em disciplinas que envolvem conceitos tridimensionais. Os conceitos teóricos mostrados nestas disciplinas podem ser assimilados de forma mais eficaz pelos alunos através da manipulação dos objetos (BARAB et al., 2000).

As maquetes físicas podem ser construídas, hoje em dia, com o uso de impressoras 3D para aulas de Biologia (McMENAMIN et al., 2014), Geometria (HULEIHIL, 2017), Geografia (SENA e CARMO, 2018) e outras disciplinas que envolvem representações em três dimensões (3D). O desenvolvimento de ambientes ou aplicativos web para uso no ensino também ajuda em visualizações e manipulações de conceitos de Biologia (ATTARDI e ROGERS, 2015) e Geometria (CANTOS, IZQUIERDO e CANTOS, 2016).

A modelagem com tecnologias virtuais pode ser usada para auxiliar o ensino em disciplinas que envolvem conceitos em 3D. A Realidade Virtual (RV) serve para criar um ambiente imersivo, ou seja, uma simulação de um ambiente real que permite a imersão do usuário por meio de óculos de imersão, com a manipulação dos objetos modelados por meio de controles (MORO et al., 2017).

Ambientes em RV auxiliam a visualização de fenômenos físicos ou biológicos, simulações de treinamentos, visualização de superfícies de planetas, simulações de construções, e jogos educacionais. A Figura 1 mostra um esquema de visualização em RV de planetas do Sistema Solar, onde o usuário tem a sensação real de estar no ambiente virtual com a visualização das imagens produzidas pelos óculos de imersão.



Figura 1 - Esquema do funcionamento de um ambiente em Realidade Virtual. Fonte: <<https://www.pngfly.com/png-sijfuu/>> Acesso em 10 de agosto de 2019

A Realidade Aumentada (RA) utiliza um dispositivo com câmera para colocá-lo junto com o ambiente da imagem da câmera, criando camadas virtuais de objetos 3D e texto sobre a imagem da câmera em tempo real (KIRNER e KIRNER, 2011). A tecnologia de RA faz a junção das imagens dos objetos reais da câmera de um dispositivo com os objetos virtuais, conforme mostra a Figura 2.



Figura 2 - Esquema do funcionamento de um ambiente em Realidade Aumentada. Fonte: <<https://www.pngfly.com/png-1tbww0/>> Acesso em 10 de agosto de 2019

Trabalhos recentes mostram aplicações interessantes de RA para auxílio no ensino de várias áreas, tais como Geometria (GONZÁLEZ, 2017), Engenharia (CERRA et al., 2018), Química (IRWANSYAH et al., 2018) e Arquitetura (ABDULLAH KASSIM e SANUSI, 2017). As contribuições do uso de RA na área da educação demonstram que se trata de uma poderosa ferramenta para uso em sala de aula, pois permite várias formas de interações visuais no aprendizado de diversas disciplinas (AKÇAYIR e AKÇAYIR, 2017; FERNANDEZ, 2017).

O objetivo deste trabalho é apresentar os elementos necessários para a construção de um ambiente web, que utiliza as tecnologias de RV e RA para representar maquetes virtuais para uso no ensino de superfícies topográficas. As maquetes são construídas no software Sketchup[®] com os recursos de texturas e modelagens disponíveis da plataforma Digital Globe[®].

Os desenhos de seções planas, plataformas, taludes de aterros e curvas de nível são feitos no Sketchup com a inserção nos ambientes programados de RA e RV, possibilitando um estudo aprofundado das feições dos terrenos e das principais formas de relevo: vales, montanhas, colinas, serras, lagos, depressões, planaltos e planícies.

As projeções ortogonais que representam a vista superior das curvas de nível de cada terreno são representadas em materiais didáticos impressos, e os alunos podem sobrepor os objetos em RA em seus desenhos para conferir os resultados ou somente

visualizá-los para melhor compreensão dos conceitos estudados. Os materiais didáticos descritos neste artigo foram usados em sala de aula com 5 turmas dos cursos de Engenharia Civil e Engenharia Florestal da UFPR (Universidade Federal do Paraná) no primeiro semestre de 2019, totalizando 220 alunos.

A Figura 3 ilustra os principais conceitos sobre as formas de relevo exploradas neste artigo. Uma montanha é a formação de uma grande elevação no terreno, com altura superior a 300m. A elevação do terreno com altura menor do que 300m é denominada colina ou morro. Uma cadeia de montanhas é chamada de cordilheira. Porém, se as montanhas são íngremes, a cadeia é chamada de serra. Uma região baixa do terreno cercada por elevações é denominada depressão, e quando esta região for drenada por um curso d'água é chamada de vale. Planície é uma região plana do terreno quando tem altitude menor do que 300m. Quando a altitude da região plana for maior do que 300m denomina-se planalto (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2019).

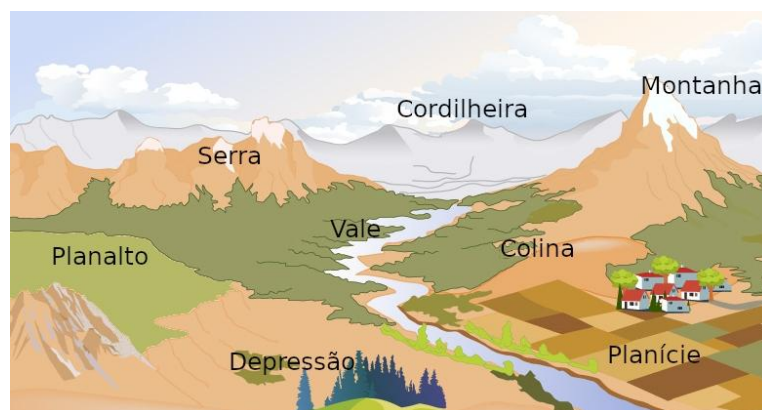


Figura 3 - Principais formas de relevo. Fonte: <http://uapas1.bunam.unam.mx/sociales/naturaleza_mexicana/> Acesso em 10 de agosto de 2019

O objetivo deste artigo é apresentar um ambiente desenvolvido em RA e RV que pode ser utilizado em sala de aula para os alunos visualizarem superfícies topográficas. A proposta deste trabalho é usar uma página programada com recursos de RA, com *links* para as páginas desenvolvidas com recursos de RV. Na página de RA, os alunos visualizam as maquetes por meio de diversos pontos de vista e acessam os *sites* de RV para manipularem as representações das superfícies topográficas utilizando dispositivos móveis, computadores ou podem até imergirem na cena com óculos de RV.

Com o uso dos recursos de RV mostrados neste trabalho, a interação dos alunos com as representações virtuais das maquetes permite que os conteúdos de

superfícies topográficas possam ser ensinados como aulas de campo, por meio da visita virtual aos terrenos modelados.

O ambiente proposto neste trabalho ilustra apenas uma aplicação, e ambientes similares podem ser utilizados em diversas áreas do ensino. Como a programação é feita em web, o carregamento é praticamente instantâneo e não necessita de instalação de aplicativos, basta que o dispositivo tenha câmera e acesso à internet. Os comandos usados na construção do ambiente proposto em RA e RV são intuitivos, e exigem apenas conhecimentos básicos de HTML.

Trata-se de um recurso que usa comandos com sintaxe simples, que possibilita aplicações em sala de aula sem as dificuldades apontadas no uso de algumas tecnologias de RA, tais como incompatibilidades dos sistemas operacionais dos dispositivos com os aplicativos, ou escassez de aplicativos para atender algumas disciplinas específicas (FERNANDEZ, 2017; MUNOZ-CRISTÓBAL et al., 2018).

2 Ensino de superfícies topográficas

Superfície topográfica é uma parte da superfície terrestre, com coordenadas levantadas topograficamente, representada por meio de projeções ortogonais cotadas (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2019). O estudo de superfícies topográficas pode ser aprimorado com o auxílio de maquetes físicas ou das tecnologias de RV e RA. A visualização em 3D dos terrenos pode ser feita com várias técnicas disponíveis, aumentando, assim, a compreensão das construções das projeções cotadas de cada superfície topográfica.

Souza et al. (2016) desenvolveram um estudo em que a RA foi usada na construção do modelo 3D do campus de Recife, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), com as informações cartográficas disponíveis. O modelo foi testado com 32 alunos do curso de Engenharia Cartográfica. A maioria dos estudantes, que corresponde a 75%, considerou que o modelo em RA melhorou a visualização, em comparação com o uso da planta cartográfica cadastral digital. O modelo em RA proposto pelos autores levou em conta apenas as feições do terreno e os formatos dos edifícios construídos no campus.

De acordo com Andrade, Oliveira e Diniz (2018), a tecnologia de Caixa de Areia (*Sandbox*) tem sido bastante utilizada no ensino de formas de relevo para a disciplina de Geografia. O sistema faz a leitura das camadas de areia, criando as curvas de nível através de cores definidas pelas técnicas de hipsométricas e batimétricas, fazendo com que os alunos tenham a percepção dos formatos dos terrenos. O trabalho de

Santos et al. (2018) mostra o uso da ferramenta *Sandbox* para visualizações de regiões de Sergipe e aplicações de estudos de declividades da disciplina de Topografia para o curso de Engenharia Civil.

O trabalho de Santos et al. (2003) apresenta o uso dos conceitos de Geometria Cotada para representação de um projeto simplificado para instalação de linhas de tensão. As informações iniciais apresentadas aos alunos das cartas topográficas são usadas para construção do modelo 3D, com todas as normas técnicas para a correta instalação de cada torre de transmissão.

As maquetes físicas também são importantes para o ensino de superfícies topográficas. Os trabalhos de Becker e Nunes (2012), Silva e Ferreira (2008) e Sousa (2014) mostram as atividades para construir as maquetes físicas com os alunos para o auxílio no ensino de conceitos de relevos e curvas de nível. Nestes trabalhos, os resultados mostrados pelos autores são excelentes, com a interação entre os alunos e professores, resultando na melhoria da compreensão dos conceitos de superfícies topográficas pelos alunos.

De acordo com Carrera e Asensio (2017) é possível empregar a RA para a visualização de superfícies topográficas por meio do aplicativo *AR-Media*. Com as curvas de nível impressas de cada terreno, os autores mostram o funcionamento do aplicativo com as superfícies que aparecem sobre as curvas, complementando o ensino das formas de relevo de cada terreno.

O uso da Realidade Aumentada pode complementar a utilização dos materiais didáticos tradicionais no ensino dos conceitos de superfícies topográficas, pois os alunos podem visualizar e interagir com os elementos dos terrenos de maneira mais efetiva e significativa. A Realidade Virtual pode auxiliar na interação dos alunos com as representações 3D dos terrenos, transformando o processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos em uma espécie de aula de campo sobre relevos com formatos variados.

3 Método de representação de superfícies topográficas

Os modelos de maquetes que serão apresentados neste artigo foram construídos no software Sketchup (2019) com o uso do recurso disponível para superfícies terrestres da plataforma Digital Globe (2019).

Os modelos são exportados para que sejam inseridos nos ambientes web programados em A-frame (2019) para uso, tanto em Realidade Aumentada, quanto em Realidade Virtual. Desta forma, os conceitos estáticos das formas de relevo dos

terrenos podem ser visualizados da forma como são, tornando os conteúdos destas aulas mais realísticos e dinâmicos.

3.1 Modelagem das superfícies topográficas

O primeiro passo para construir os ambientes em RA e RV propostos neste artigo é a escolha de regiões que contém vales e montanhas interessantes para o ensino das superfícies topográficas.

A ferramenta de inserção de terrenos da Digital Globe cria janelas de visualização de tamanhos limitados a quadrados de lados iguais a 2km, cuja modelagem é feita apenas para o terreno, desconsiderando-se as alturas de construções e de vegetações. As texturas usadas nesta ferramenta são as fotos de satélite dos terrenos, deixando os ambientes em RA e RV mais próximos da realidade.

Após escolher a localização do terreno, a fotografia do satélite da região é carregada no Sketchup, conforme mostra a Figura 4. Neste exemplo foi escolhida uma região de vales de Jolster, na Noruega, local que possui formações interessantes de relevo para o estudo de Topografia: montanhas íngremes, depressões e vales.

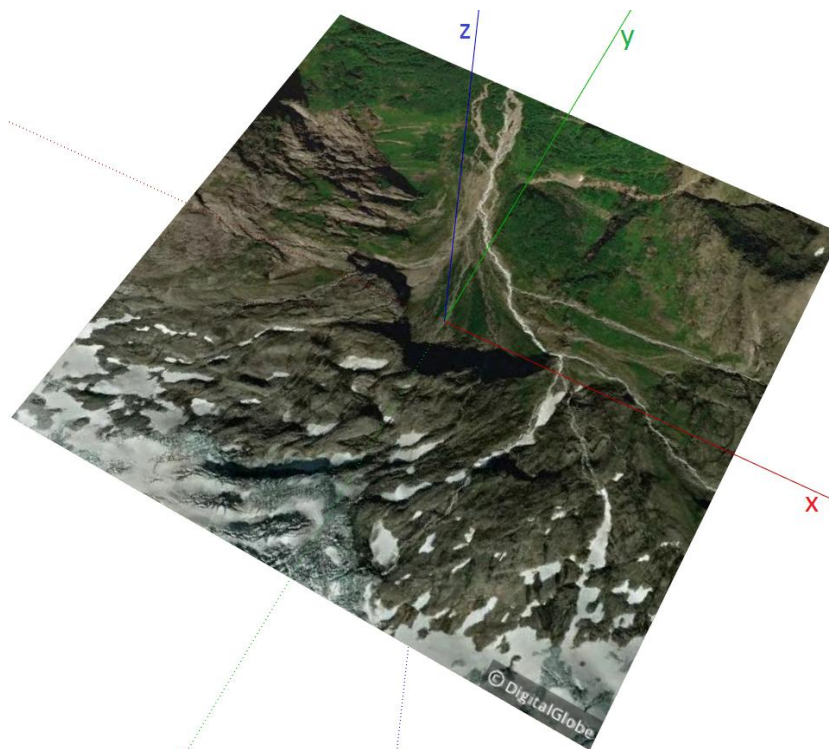


Figura 4 - Foto de satélite da região de vales de Jolster, Noruega. Fonte: o autor

A Figura 5 apresenta o modelo 3D da região de Jolster com recursos da plataforma Digital Globe no Sketchup.

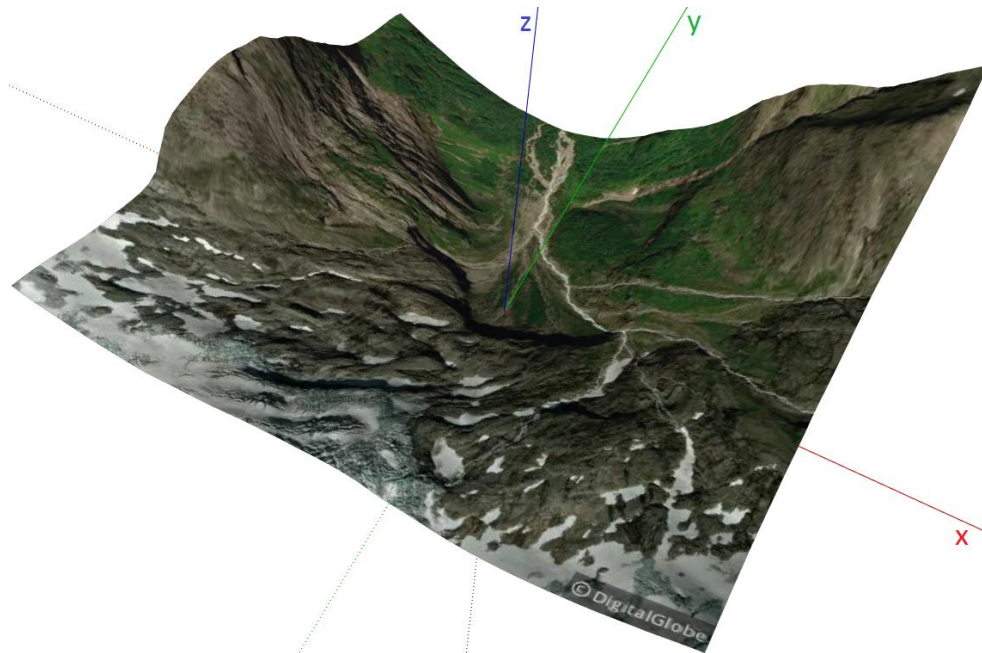


Figura 5 - Modelo em 3D da região de vales de Jolster. Fonte: o autor

A construção do conjunto de curvas de nível da região de Jolster pode ser feita através de retângulos equidistantes em relação ao eixo z (cotas ou altitudes), com lados paralelos aos eixos x e y e medidas maiores ou iguais a 2km, suficientes para cobrir a superfície. Estes retângulos representam os planos horizontais de seção da superfície. As interseções destes planos equidistantes com a superfície formam o conjunto de curvas de nível, conforme mostrado na Figura 6.

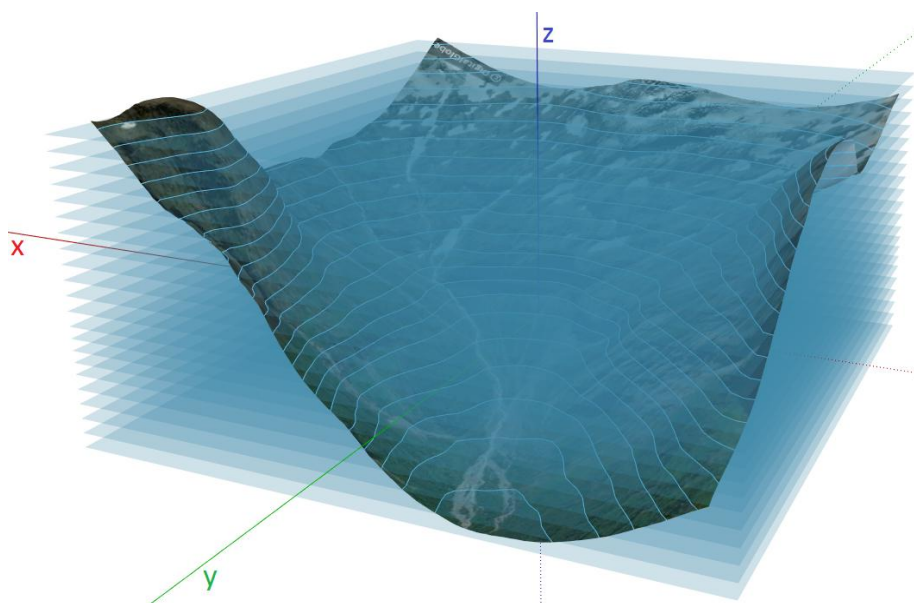


Figura 6 - Construção das curvas de nível da região de Jolster. Fonte: o autor

As cotas das curvas de nível podem ser definidas no Sketchup, além dos planos de seção, de aterros e plataformas. As vistas superiores dos terrenos escolhidos podem ser usadas para criação de materiais didáticos sobre os conteúdos de relevos e superfícies topográficas.

As montanhas íngremes e pequenos vales de Kamloops, no Canadá, tornam esta região interessante para os estudos de superfícies topográficas. Nas Figuras 7 e 8 são mostradas as representações em 3D e a vista superior com as cotas das curvas de nível de uma região montanhosa de Kamloops.

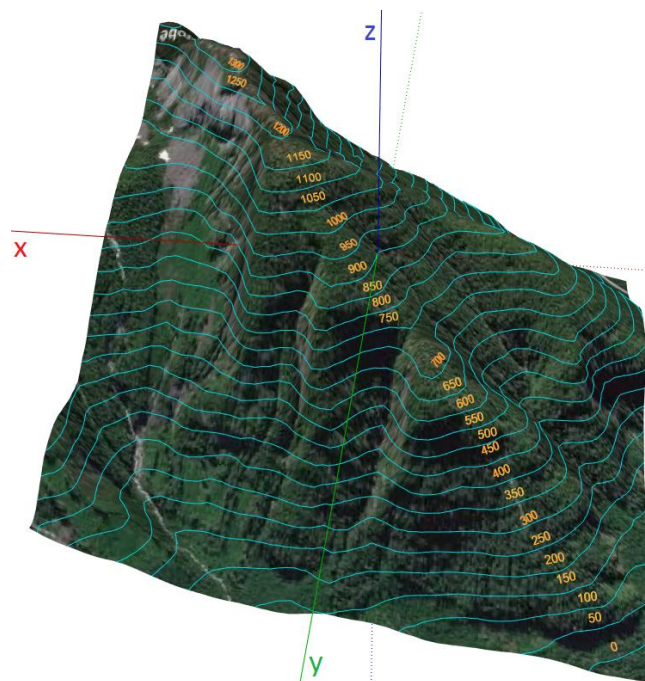


Figura 7 - Curvas de nível da região de Kamloops, no Canadá. Fonte: o autor

Nos casos de regiões maiores do que a limitação de 2km da janela de visualização do Digital Globe, podem ser criadas diversas janelas com as sub-regiões que cobrem a área escolhida. Desta forma, as imagens vizinhas das sub-regiões se encaixam, como uma espécie de colcha de retalhos.

Superfícies topográficas de regiões turísticas podem ser utilizadas em materiais didáticos, tais como o Monte Everest, que fica na fronteira entre a China e o Nepal, o Monte Fuji no Japão, o Grand Canyon nos Estados Unidos, ou a Chapada Diamantina no Brasil. Para representar uma maquete do Monte Everest, são necessárias 32 janelas de visualização, que estão ilustradas na Figura 9 em duas dimensões (2D).



Figura 8 - Vista superior das curvas de nível de Kamloops. Fonte: o autor

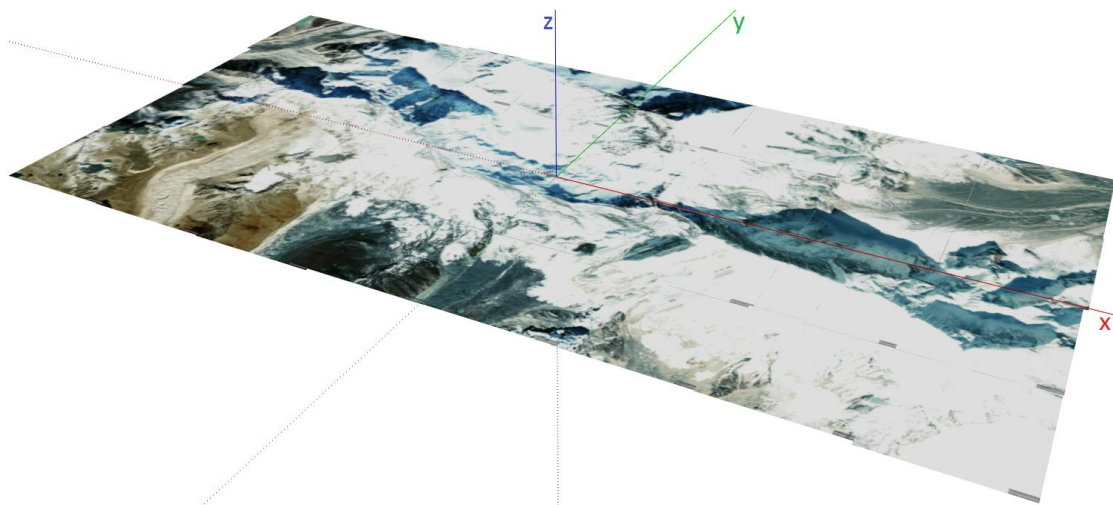


Figura 9 - Janelas de visualização em 2D do Monte Everest. Fonte: o autor

A grande região montanhosa mostrada na maquete virtual do Monte Everest pode ser usada como uma aula de campo virtual, com a exploração das diversas formas de relevo representadas. A Figura 10 mostra esta região modelada em 3D com os recursos da plataforma Digital Globe.

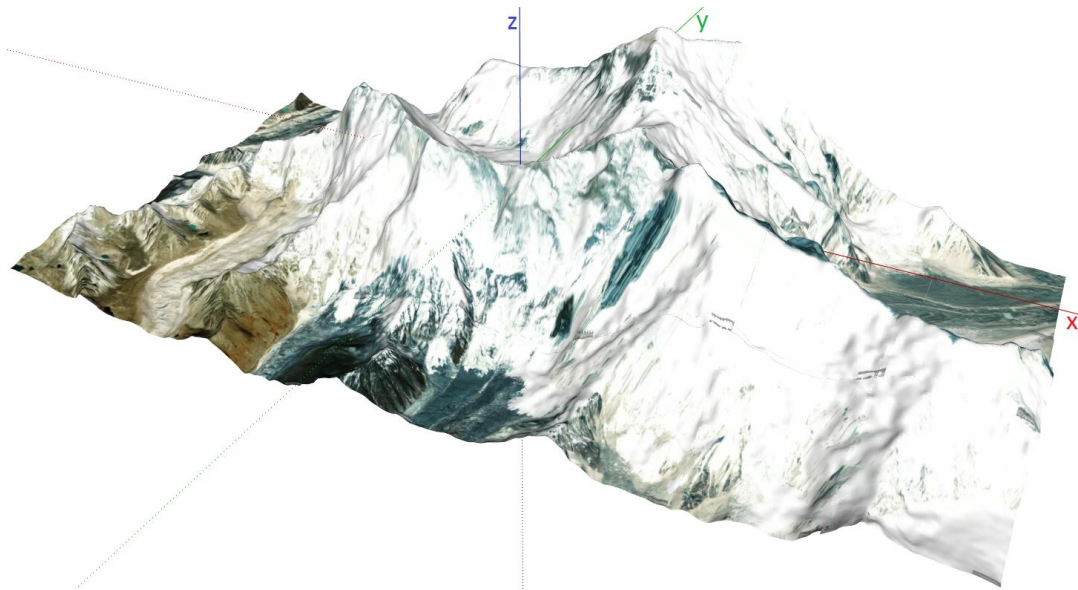


Figura 10 - Representação em 3D do Monte Everest. Fonte: o autor

3.2 Realidade Virtual na representação de superfícies topográficas

Os modelos de superfícies topográficas mostrados na seção 3.1 podem ser inseridos em ambientes em RV e em RA por meio das bibliotecas do A-frame. Trata-se de um ambiente desenvolvido pela equipe de RV do Mozilla (OLIVEIRA, 2018) que utiliza as funções da biblioteca Three.js do Java com marcadores do HTML puro, também chamados de *tags*, permitindo que toda a programação de RV ou RA seja feita em uma página da web, que segue a composição de marcadores com princípios de herança e hierarquia (A-FRAME, 2019).

Os ambientes programados no A-frame têm suporte para quatro formatos de arquivos de maquetes. O primeiro é o *obj* (*object file*), formato que pode ser aberto em qualquer software de renderização 3D, cujos arquivos incluem as informações de coordenadas, mapas de texturas e faces poligonais. O segundo formato usado pelo A-frame é o *collada* (*collaborative design activity*), com suporte na maioria dos softwares 3D e que utiliza padrão *xml* (*extensible markup language*) para carregar as informações de texturas, linhas, animações e iluminação. O terceiro formato que pode ser usado no A-frame é o *glTF* (*graphic library transmission format*), que possui as mesmas informações do *obj*, entretanto, de forma mais compacta, obtendo-se carregamento mais rápido em aplicações web. A versão binária do *glTF* é o quarto tipo de arquivo 3D que pode ser carregado no A-frame, com extensão *glb*.

Os arquivos com extensão *collada* são os únicos compatíveis com os ambientes criados no A-frame que exportam linhas, elementos fundamentais para representações

de curvas de nível e cortes dos terrenos. Por causa desta restrição, foram feitos testes com as combinações das quatro extensões de arquivos compatíveis para uso em sala de aula. O primeiro conjunto de arquivos tem extensão *collada*, e os outros três conjuntos têm somente as linhas com extensão *collada*, com o restante da geometria e texturas em arquivos com extensões *obj*, *gltf* e *glb*.

Os oito modelos utilizados nos materiais didáticos da disciplina de Projeções Cotadas servem para estudos de curvas de nível, perfis topográficos, construção de taludes de aterros para estradas e uma seção plana. De acordo com a Tabela 1, pode-se verificar que a melhor combinação de arquivos é *glb* para polígonos e texturas e *collada* para linhas, com 6.702 kB, que representa 28,56% do tamanho total dos arquivos quando usados com extensão *collada*. Com esta combinação de arquivos, os *sites* são carregados, em média, 3,5 vezes mais rapidamente quando comparados com a configuração de maquetes modeladas somente com o formato *collada*.

Tabela 1 - Tamanhos dos arquivos dos modelos 3D

descrição	<i>collada</i>	<i>obj</i> e <i>collada</i>	<i>gltf</i> e <i>collada</i>	<i>glb</i> e <i>collada</i>
1. perfil topográfico	3.760	1.824	1.394	852
2. plataforma	3.082	1.363	1.173	909
3. estrada	1.929	875	992	768
4. curvas de nível	2.232	1.125	1.030	657
5. seção plana	5.502	2.521	1.761	1.053
6. curvas de nível	1.372	667	765	585
7. perfil topográfico	3.425	1.529	1.171	708
8. estrada com curva	2.160	1.495	1.330	1.170
total	23.462	11.399	9.616	6.702

Observação: a unidade utilizada é o kB.

Em uma página programada em HTML tem-se 2 *tags* principais: o cabeçalho *<head>* e o corpo da página *<body>*. No cabeçalho são programados os elementos de referência de bibliotecas, que não aparecem na tela do usuário. O corpo da página serve para colocar os elementos visíveis para o usuário, que neste caso são as maquetes dos terrenos.

As *tags* principais da modelagem da superfície topográfica com plataforma estão ilustradas na Figura 11. Na *tag* de cabeçalho da página está inserida a referência à biblioteca principal do A-frame entre as linhas 3 e 5.

Nas linhas 7 e 8 da Figura 11, dentro da *tag* do corpo da página, encontram-se as definições para interação do usuário com o *mouse* ou controle de RV e a câmera da cena com posição inicial nas coordenadas x (direita/esquerda), y (altura) e z (profundidade). Os valores iniciais são: x = 0 e y = 0, que centralizam a câmera na tela; e z = 6m para afastar o observador da origem do sistema. Como o modelo será colocado na origem do sistema, o observador deve ser colocado na posição inicial em uma coordenada um pouco mais afastada da origem.

```
1 <!DOCTYPE html>
2 <html>
3 <head>
4 <script src="https://aframe.io/releases/0.8.2/aframe.min.js"></script>
5 </head>
6 <body>
7 <a-scene cursor="rayOrigin:mouse">
8 <a-entity camera look-controls position="0,0,6"></a-entity>
9 <a-assets>
10 <a-asset-item id="plataforma" src="imagens/curva13c.dae"></a-asset-item>
11 <a-asset-item id="plataforma1" src="imagens/curva13c.glb"></a-asset-item>
12 
13 </a-assets>
14 <a-sky src="#ceu"></a-sky>
15 <a-entity scale="0.003,0.003,0.003" position="0,0,0">
16 <a-entity collada-model="#plataforma"></a-entity>
17 <a-entity gltf-model="#plataforma1"></a-entity>
18 </a-entity>
19 </a-scene>
20 </body>
21 </html>
```

Figura 11 - Código HTML em A-frame para uma maquete construída no Sketchup em RV.
Fonte: o autor

As *tags* que definem as texturas e o carregamento da maquete estão colocadas entre as linhas 9 e 13 da Figura 11. O modelo está definido nas linhas 10 e 11, onde devem ser informados os caminhos das pastas onde estão salvos os arquivos *collada* e *glb* exportados do Sketchup.

A imagem de fundo, com gradiente de tom de azul está definida na linha 12 da Figura 11 e referenciada como imagem de fundo de 360° da cena na *tag* *<a-sky>* da linha 14. Entre as linhas 15 e 18 estão as *tags* que definem a posição e a escala da maquete. Para carregá-la adequadamente, a escala usada deve ser igual a 0,003 nas três dimensões.

A Figura 12 apresenta a maquete programada em RV com as tags da Figura 11. Trata-se da representação gráfica usada para estudo de construção de plataformas, com os taludes de aterro e corte do terreno. Com esta representação em RV, os alunos podem visualizar as construções que são feitas com as curvas de nível do terreno para definir os cortes e posições dos taludes em 2D.

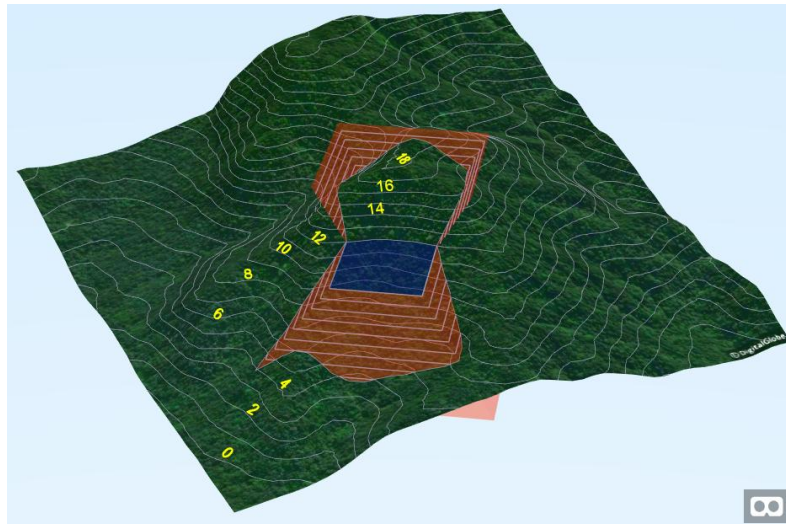


Figura 12 - Representação em RV da maquete de plataforma, com aterro e corte de terreno. Fonte: o autor

As Figuras 13 e 14 mostram outras aplicações: as construções de taludes de corte e aterro para projetos de construções de estradas. As interseções dos planos com as curvas de nível definem a curva de corte e de aterro do terreno.

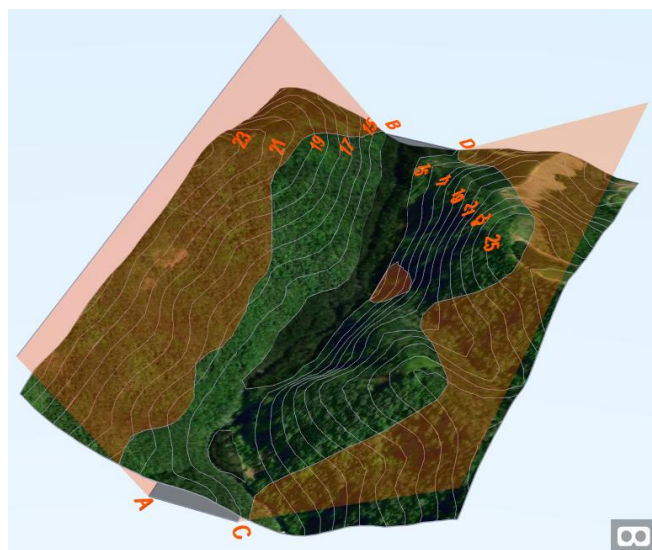


Figura 13 - Representação em RV da maquete de cortes de terreno para estrada. Fonte: o autor

Estes projetos de estradas são ensinados em disciplinas de Expressão Gráfica para projetos de cursos de Engenharia Civil, Engenharia Ambiental e Engenharia Florestal. Outros projetos ensinados em Expressão Gráfica para estes cursos que envolvem superfícies topográficas são de construções de seções planas para rampas.

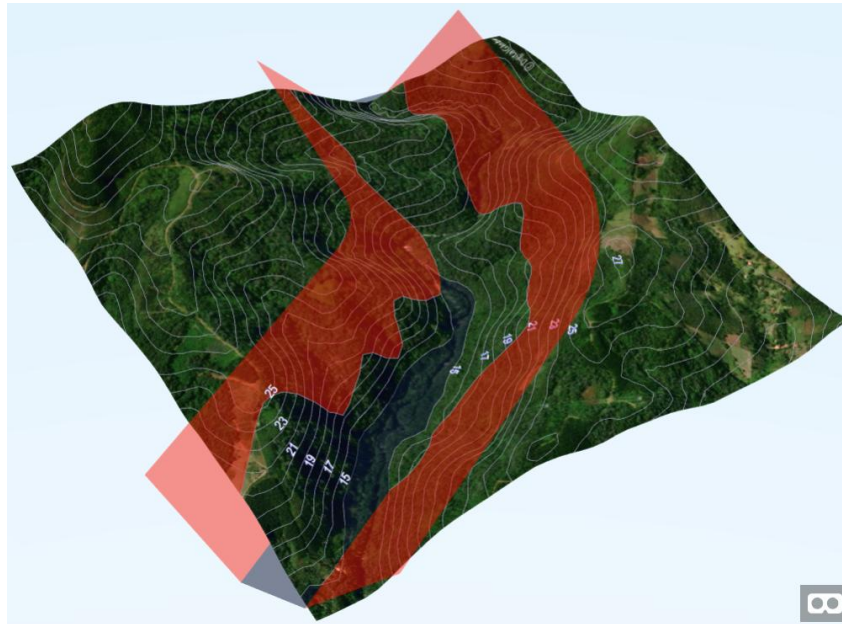


Figura 14 - Representação em RV da maquete de cortes de terreno para estrada com curva. Fonte: o autor

A interseção de uma superfície topográfica com o plano que define o talude de um corte ou de aterro pode ser feita por meio do encontro de cada curva de nível com a respectiva reta horizontal deste plano de mesma cota. Os alunos constroem as curvas de corte e de aterro destes taludes em 2D e a complementação deste conceito pode ser feita com a visualização em 3D por meio da RV do que foi construído.

Uma forma de interação com os elementos da cena utiliza a função de órbita (HINRICHS, 2019), que permite a movimentação da câmera em torno dos objetos da cena. Ao usar os óculos de RV, a movimentação da câmera com a função de órbita é automática. Nos computadores, *tablets* e *smartphones*, a movimentação da câmera em torno dos objetos pode ser feita através do *mouse*, teclado ou *touch*. Todas as maquetes mostradas neste trabalho têm esta função de órbita, para que os alunos possam movimentar a cena para encontrar os melhores pontos de vista para observar os elementos construídos.

A Figura 15 ilustra uma seção plana com as retas horizontais representadas de 100 em 100 metros e as curvas de nível de 20 em 20 metros.

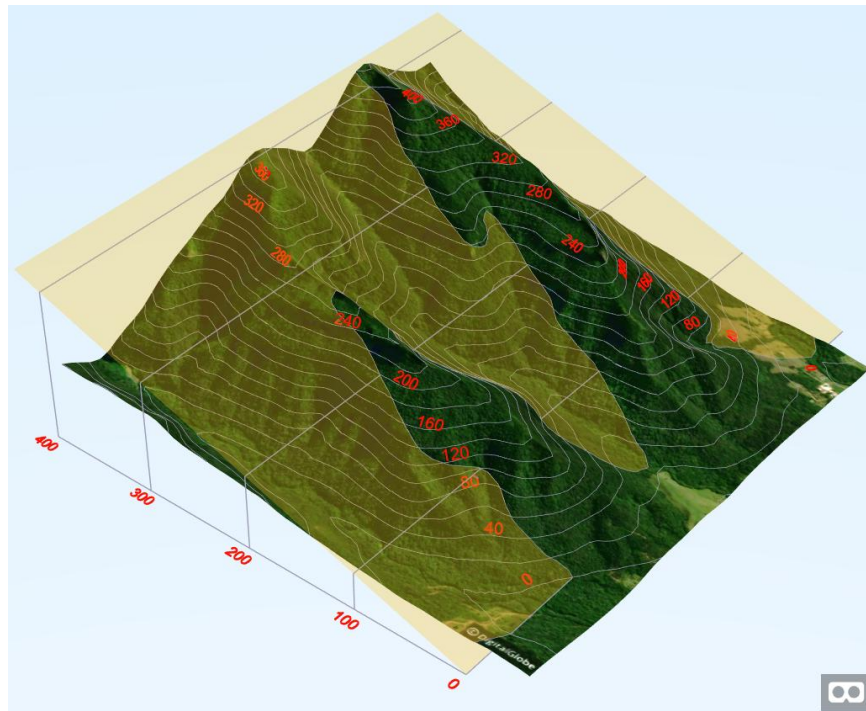


Figura 15 - Representação em RV da maquete de uma seção plana de terreno.
Fonte: o autor

Por se tratar de uma página web, os visitantes têm opções de visualizações em *tablets*, computadores, *smartphones*, além dos óculos de imersão de RV disponíveis no mercado: Oculus Rift, Oculus Vive, Daydream e gearVR. Os comandos de interações com as maquetes podem ser programados na imersão da cena de RV para manipulações em órbita (MURPHY, 2019) ou teleporte em locais da cena (SERRANO, 2019). A função de teleporte permite a imersão dos usuários em cada superfície representada utilizando-se os óculos de RV, transformando o uso das maquetes em RV em uma caminhada virtual no terreno representado.

3.3 Realidade Aumentada na representação de superfícies topográficas

Em um ambiente programado em RA, os elementos modelados em RV podem ser misturados com objetos reais mostrados através da câmera de um *smartphone*, *tablet* ou computador.

A programação da página web das maquetes em RA usa a mesma estrutura de *tags* mostrada na Seção 3.2, incluindo-se a *tag* de referência à biblioteca de visualização em RA, desenvolvida por Etienne (2019), que deve ser inserida no cabeçalho da página, junto com a *tag* de referência à biblioteca do A-frame.

A cena em RA tem marcadores *QR* (*quick response*) *codes*, que funcionam com códigos de números binários em forma matricial de imagens que são reconhecidas através da webcam (ISHII, 2010). Cada parte da imagem é interpretada com valor 1 para a cor preta e 0 para a cor branca, gerando uma matriz para correspondência dos objetos que serão mostrados em RA. A Figura 16 apresenta a codificação para o marcador #60.

Os marcadores em RA funcionam como pontos de referência, onde podem ser estabelecidas posições específicas para os objetos virtuais que aparecem na imagem real da webcam. Quando a imagem de um marcador for reconhecida na cena de RA, os elementos modelados em RV são ativados. Existem mais de 80 opções de marcadores programados na biblioteca desenvolvida por Etienne (2019), que são representados por *tags* que englobam os elementos programados em RV que são ativados. Os mais comuns são hiro, kanji e os *QR codes*, mostrados na Figura 16.

Com os marcadores impressos, os alunos acessam com seus dispositivos a página programada em RA, visualizam os *QR codes* com a câmera e os objetos programados em RV aparecem nas telas dos dispositivos em RA.



Figura 16 - Marcadores usados no A-frame: hiro, kanji e *QR codes* #58 e #60.
Fonte: o autor

A estrutura da página programada em HTML com as *tags* de duas maquetes está ilustrada na Figura 17. A *tag* da cena em RA inclui as propriedades de incorporação da imagem da webcam e captura de interação com mouse ou com os raios emitidos pelos controles de RV nos objetos com *links* (linhas 7 e 8).

Os marcadores *QR codes* #58 e #60 foram usados para a visualização em RA das maquetes de seção plana e de plataforma com aterro e corte, respectivamente. A estrutura de *tags* da plataforma está entre as linhas 15 e 21 da Figura 17. Nestas *tags*, *<a-entity>* serve para agrupar os elementos da programação em RV, posicioná-los sobre o marcador e usar escalas. As coordenadas mostradas na linha 17 servem para posicionar a maquete sobre a representação em 2D das curvas de nível. Desta forma, os alunos podem visualizar em 3D o desenho da seção plana construída em 2D que representa a vista superior da maquete.

```
1 <head>
2 <script src="https://aframe.io/releases/0.8.2/aframe.min.js"></script>
3 <script src="https://jeromeetienne.github.io/AR.js/aframe/build/
4   aframe-ar.min.js"></script>
5 </head>
6 <body>
7 <a-scene embedded cursor="rayOrigin:mouse" raycaster="objects:[link];"
8   arjs='sourceType:webcam; detectionMode:mono_and_matrix; matrixCodeType:3x3;'>
9 <a-assets>
10 <a-asset-item id="plataforma" src="imagens/curva13c.dae"></a-asset-item>
11 <a-asset-item id="plataforma1" src="imagens/curva13c.glb"></a-asset-item>
12 <a-asset-item id="splana" src="imagens/curva10.dae"></a-asset-item>
13 <a-asset-item id="splana1" src="imagens/curva10.glb"></a-asset-item>
14 </a-assets>
15 <a-marker type="barcode" value="60">
16 <a-link href="curva13c.html" title="VR"></a-link>
17 <a-entity position="-3.7,0,-5.5" scale="0.0035 0.0035 0.0035">
18 <a-entity collada-model="#plataforma"></a-entity>
19 <a-entity gltf-model="#plataforma1"></a-entity>
20 </a-entity>
21 </a-marker>
22 <a-marker type="barcode" value="58">
23 <a-link href="curva10.html" title="VR"></a-link>
24 <a-entity position="-4.4,0,-3.5" scale="0.0037 0.0037 0.0037">
25 <a-entity collada-model="#splana"></a-entity>
26 <a-entity gltf-model="#splana1"></a-entity>
27 </a-entity>
28 </a-marker>
```

Figura 17 - Código HTML em A-frame para duas maquetes construídas no Sketchup em RA. Fonte: o autor

A tag `<a-link>` da linha 16 da Figura 17, cria a interação para acesso das páginas programadas em RV por meio de círculos azuis que aparecem sobre os marcadores. Entre as linhas 22 e 28 estão as *tags* da seção plana com o uso do QR code #58. As referências para carregamento das maquetes estão inseridas na tag `<a-assets>`, entre as linhas 9 e 14. As demais maquetes são programadas de maneira similar.

A página que possui todos os *links* para visualizações das maquetes de superfícies topográficas desenvolvidas em RA e RV encontra-se disponível em²:

<https://paulohscwb.github.io/cotadas/superficies/>

Os *sites* programados em RA e RV com as maquetes foram carregados sem falhas em todos os *smartphones* testados. Além disso, não foram reportados erros em carregamentos dos *sites* em *notebooks* e *tablets* usados pelos alunos. A única observação que merece destaque é de que os *sites* em RA costumam demorar um pouco mais para carregar totalmente, pois usam os recursos da webcam do dispositivo. Porém, os *sites* programados em RV têm carregamento praticamente imediato em todos os dispositivos testados, em qualquer sistema operacional.

² O site em RA funciona somente em dispositivos com webcam.

As Figuras 18 e 19 apresentam, respectivamente, as construções das projeções cotadas de uma plataforma e uma seção plana feitas pelos alunos com os conceitos de declividades de Projeções Cotadas.

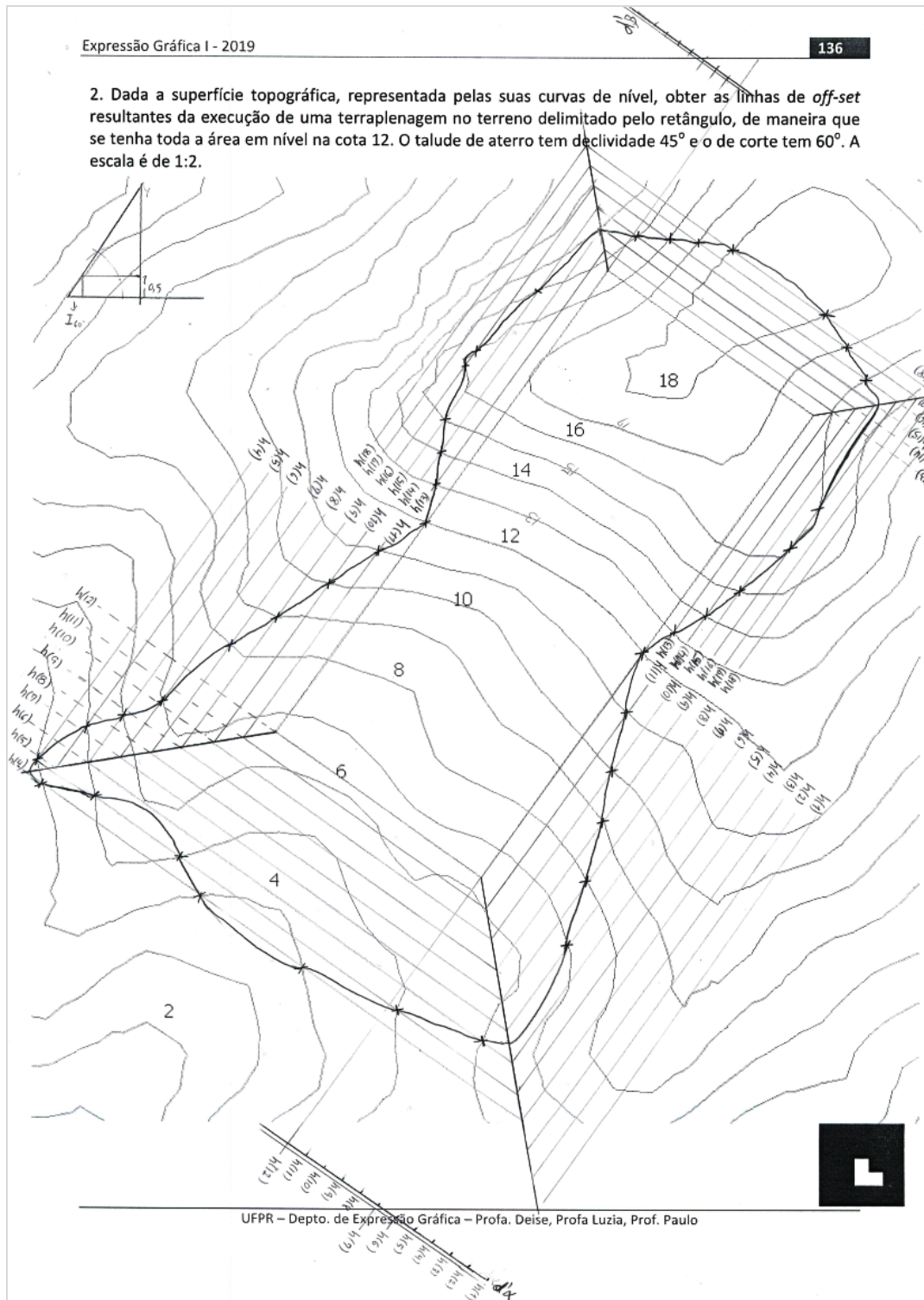


Figura 18 - Construção das linhas de corte e aterro de uma plataforma utilizando-se Projeções Cotadas. Fonte: o autor

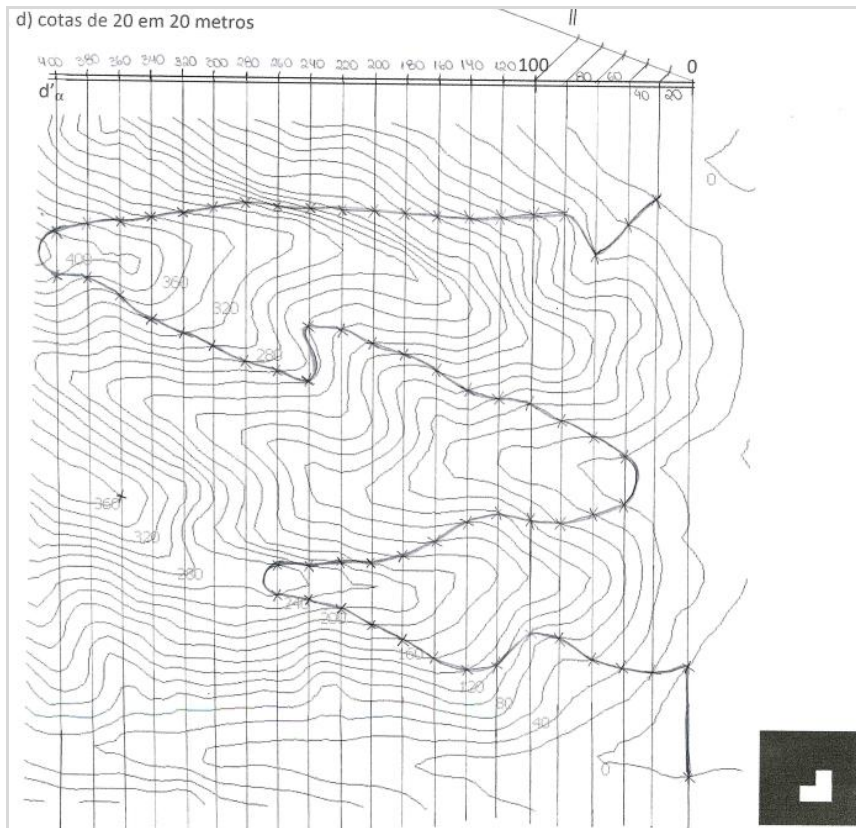


Figura 19 - Construções da seção plana com Projeções Cotadas. Fonte: o autor

A Figura 20 apresenta as visualizações em RA da seção plana e da plataforma apresentadas nas Figuras 18 e 19, sobrepostas às construções feitas pelos alunos das projeções dos cortes dos terrenos.

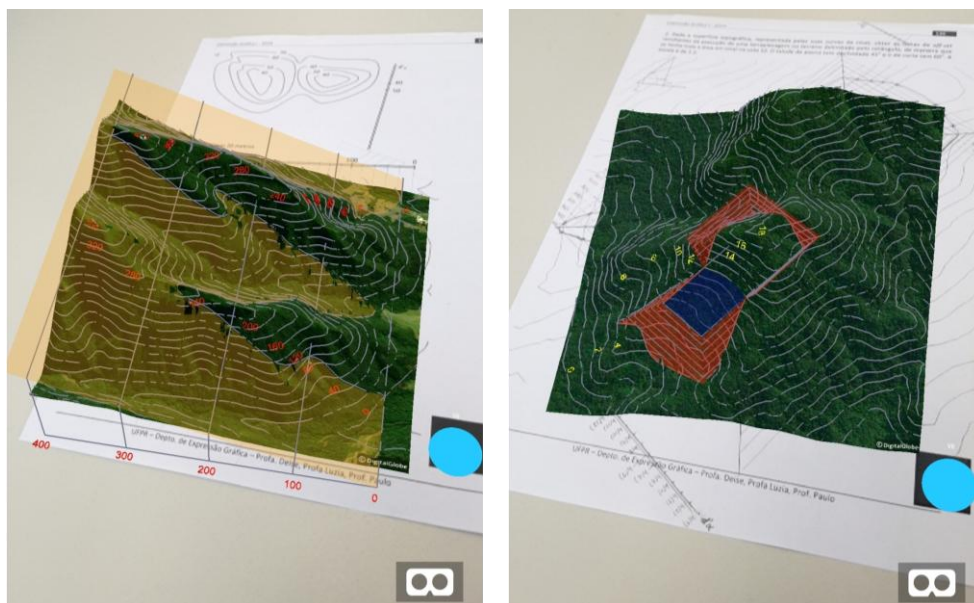


Figura 20 - Visualização da seção plana e da plataforma com RA. Fonte: o autor

Conforme relatos coletados informalmente dos alunos que utilizaram as tecnologias apresentadas neste artigo, os *sites* desenvolvidos em RA e RV auxiliaram na compreensão das leituras e construções que envolvem as superfícies topográficas, construções de plataformas e seções planas.

A construção da projeção cotada de cada problema proposto pode ser comparada com a sobreposição da maquete correspondente, possibilitando tanto a visualização em 3D quanto a conferência da construção. Com a utilização das tecnologias de RA e RV apresentadas neste artigo, os alunos conseguem materializar os conceitos de projeções e leituras de cartas topográficas com um recurso didático com programação simples, gratuito e dinâmico.

4 Considerações finais

Este artigo apresenta a construção de um ambiente baseado em web para visualização de superfícies topográficas em RA e RV. Por meio da visualização de marcadores *QR codes* impressos, os alunos podem visualizar os terrenos em RA em qualquer dispositivo com webcam e acesso à internet, com *links* para as visualizações em RV.

As maquetes construídas no Sketchup têm as superfícies topográficas modeladas através da plataforma Digital Globe, possibilitando a criação de curvas de nível, seções planas, planos de taludes para aterros e cortes. Este recurso melhora a visualização por parte dos alunos quanto às construções feitas por eles em disciplinas que envolvem Projeções Cotadas, uma vez que eles próprios podem conferir as construções feitas em 2D por meio da sobreposição das maquetes em 3D. Acredita-se que, desta forma, o processo de ensino-aprendizagem das formas de relevo torne-se mais interessante, efetivo e dinâmico, promovendo assim, a motivação dos estudantes.

Trata-se de um recurso didático auxiliar, com a simulação da realidade semelhante ao uso das maquetes físicas (SOUZA, 2014; SENA e CARMO, 2018). Os alunos que usaram as tecnologias de RA e RV indicaram, através de relatos informais, que compreenderam mais efetivamente as construções feitas em 2D depois que visualizaram os modelos das maquetes virtuais usadas nas disciplinas.

Os ambientes de RA e RV apresentados neste trabalho são ferramentas úteis para uso em sala de aula, pois permitem que os alunos visualizem e manipulem as representações gráficas das maquetes com seus dispositivos ou que usem os óculos de Realidade Virtual para imersão completa na cena. Todos os dispositivos testados

pelos alunos das turmas da disciplina de Projeções Cotadas carregaram os *sites* sem erros, mostrando a versatilidade desta ferramenta que funciona em qualquer sistema operacional.

Os resultados apresentados na seção 3.2 comprovam que a melhor combinação para a criação das maquetes é obtida com as linhas em formato *collada* e o restante da geometria (texturas e polígonos) com formato *glb*. Esta combinação de arquivos permite o carregamento 3,5 vezes mais rápido do que o uso da extensão *collada* em toda a geometria de cada maquete.

Todos os elementos podem ser visualizados em ambientes RA e RV, onde os alunos podem movimentar a câmera da cena para encontrarem os melhores pontos de vista das maquetes em RV, por meio de ferramentas desenvolvidas para o A-frame para orbitar a câmera em torno dos objetos.

Entre as vantagens da criação de ambientes de RA e RV por meio de páginas da web para uso em sala de aula destacam-se: (a) praticidade; (b) baixo custo; (c) ótimo desempenho; (d) simplicidade de programação; (e) funcionamento em todos os tipos de *smartphones*, *tablets* e *notebooks* e (f) rapidez no carregamento do *site*.

Com o uso desta ferramenta os alunos não precisam fazer download de aplicativos e diversos marcadores, uma vez que, *QR codes* podem ser usados em página de HTML, permitindo assim, a criação de materiais didáticos com diversos temas programados em RA e RV.

Os ambientes programados que foram apresentados neste artigo podem ser explorados também em aulas de disciplinas de Topografia e Geografia. Esta ferramenta também pode ser usada em outras áreas que utilizem representações gráficas em 3D, tais como: Geometria, Cálculo Diferencial e Integral, Estatística, Biologia, Astronomia, Química, Engenharia, etc.

Referências

ABDULLAH, F., KASSIM, M. H. B., SANUSI, A. N. Z. **Go virtual: exploring augmented reality application in representation of steel architectural construction for the enhancement of architecture education**. *Advanced Science Letters*, v. 23, n. 2, p. 804-808, 2017.

A-FRAME. **A-frame documentation of Virtual Reality**. Disponível em: <<https://aframe.io/docs/0.8.0/introduction>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

AKÇAYIR, M., AKÇAYIR, G. **Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature**. *Educational Research Review*, v. 20, p. 1-11, 2017.

ANDRADE, G., OLIVEIRA, A. C. C. A., DINIZ, M. C. A. **Geografia e Sandbox: Contribuições da Realidade Aumentada para o Ensino das Formas de Relevo.** In: III Congresso sobre tecnologias na Educação, 3, 2018, Fortaleza: Cultura Maker, p. 258-270.

ATTARDI, S. M., ROGERS, K. A. **Design and implementation of an online systemic human anatomy course with laboratory,** Anatomical sciences education, v. 8, n. 1, p. 53-62, 2015.

BARAB, S. A., HAY, K. E., SQUIRE, K., BARNETT, M., SCHMIDT, R., KARRIGAN, K., YAMAGATA-LYNCH, L., JOHNSON, C. **Virtual solar system project: Learning through a technology-rich, inquiry-based, participatory learning environment,** Journal of Science Education and Technology, v. 9, n.1, p. 7-25, 2000.

BECKER, E. L. S., NUNES, M. P. **Relevo do Rio Grande do Sul, Brasil, e sua representação em maquete.** Revista Percurso, v. 4, n. 2, p. 113-132, 2012.

CANTOS, L. A., IZQUIERDO, J. L., CANTOS, E. C. **Interactive multimedia application for teaching and learning in Analytical Geometry.** IEEE Latin America Transactions, v. 14, n. 7, p. 3461-3466, 2016.

CARRERA, C. C., ASENSIO, L. A. B. **Landscape interpretation with augmented reality and maps to improve spatial orientation skill.** Journal of Geography in Higher Education, v. 41, n. 1, p. 119-133, 2017.

CERRA, P. P. et al. **Combining multimedia and self-assessment CAD tools in an interactive web environment to learn engineering drawing.** Interactive Learning Environments, v. 27, n. 2, p. 1-14, 2018.

DIGITAL GLOBE. **Explore geospatial data in context.** Disponível em: <<https://www.digitalglobe.com>>. Acesso em: 20 mai. 2019.

ETIENNE, J. **Efficient Augmented Reality for the Web.** Disponível em: <<https://github.com/jeromeetienne/AR.js>>. Acesso em 20 fev. 2019.

FERNANDEZ, M. **Augmented virtual reality: How to improve education systems.** Higher Learning Research Communications, v. 7, n. 1, p. 1-15, 2017.

GONZÁLEZ, N. A. A. **Development of spatial skills with virtual reality and augmented reality.** International Journal on Interactive Design and Manufacturing, v. 12, n. 1, p. 133-144, 2017.

HINRICHS, T. **An Orbit Controls Component for A-Frame VR.** Disponível em: <<https://github.com/tizzle/aframe-orbit-controls-component>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

HULEIHIL, M. **3D printing technology as innovative tool for math and geometry teaching applications.** IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, v. 164, n. 1, p. 1-7, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Noções Básicas de Cartografia.** Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoas/elementos_representacao.html>. Acesso em: 10 ago. 2019.

- IRWANSYAH, F. S. et al, **Augmented Reality (AR) Technology on The Android Operating System in Chemistry Learning**. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, v. 288, n. 1, p. 233-237, 2018.
- ISHII, H. **Augmented Reality: Fundamentals and Nuclear Related Applications**. International Journal of Nuclear Safety and simulation, v. 1, n. 1, dez. 2010.
- KIRNER, C., KIRNER, T. G. **Development of an interactive artifact for cognitive rehabilitation based on augmented reality**. In: International Conference on Virtual Rehabilitation, 2011, Zurich: IEEE, p. 1-7.
- McMENAMIN, P. G. et al. **The production of anatomical teaching resources using three-dimensional (3D) printing technology**. Anatomical sciences education, v. 7, n. 6, p. 479-486, 2014.
- MORO, C. et al. **The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy**. Anatomical sciences education, v. 10, n. 6, p. 549-559, 2017.
- MUNOZ-CRISTÓBAL, J. A. et al. **Game of Blazons: Helping Teachers Conduct Learning Situations That Integrate Web Tools and Multiple Types of Augmented Reality**. IEEE Transactions on learning technologies, v. 11, n. 4, p. 506-519, 2018.
- MURPHY, W. **All-in-one natural hand controller, pointer, and gaze interaction library for A-Frame**. Disponível em: <<https://github.com/wmurphyrd/aframe-super-hands-component>>. Acesso em: 20 fev. 2019.
- OLIVEIRA, J. R. **Visualização de conteúdos multimídia num ambiente de realidade virtual**. 2018. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2018.
- SANTOS, E. T. et al. **Da geometria cotada ao modelamento 3D: projeto didático**. In: XVI Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico e V International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design, 2003, Santa Cruz do Sul, p. 1-10.
- SANTOS, R. S. et al. **Realidade Aumentada no Processo de Ensino-Aprendizagem da Topografia em Projeto de Engenharia Civil**. In: III Congresso sobre tecnologias na Educação, 3, 2018, Fortaleza: Cultura Maker, p. 582-589.
- SENA, C. C. R. G., CARMO, W. R. **Cartografia Tátil: o papel das tecnologias na Educação Inclusiva**. Boletim Paulista de Geografia, v. 99, p. 102-123, 2018.
- SERRANO, F. **A-Frame teleport controls component**. Disponível em: <<https://github.com/fernandojsg/aframe-teleport-controls>>. Acesso em 20 fev. 2019.
- SILVA, C. M., FERREIRA, G. C. **Produção de material didático: jogo das curvas de nível**. Boletim Goiano de Geografia, v. 28, n.2, p. 157-170, 2008.
- SOUSA, R. R. **Oficina de maquete de relevo: um recurso didático**. Terrae Didatica, v. 10, n. 1, p. 22-28, 2014.
- SOUZA, W. O. et al. **A realidade aumentada na apresentação de produtos cartográficos**. Boletim de Ciências Geodésicas, v. 22, n.4, p. 790-806, 2016.