

Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso I – BCC

Caro orientando,

segue abaixo o Termo de Compromisso, as DUAS revisões do seu pré-projeto contendo a avaliação do professor “avaliador” e professor “TCC1”, junto com as avaliações da defesa na banca de qualificação. É muito importante que revise com cuidado e discuta possíveis dúvidas decorrente das revisões com o seu professor orientador, e com o professor de TCC1. Sempre procure fazer todos os ajustes solicitados, até mesmo o menores detalhes, pois todos são importantes e irão refletir na sua nota nesta disciplina. Mas, caso o professor orientador julgue que algumas anotações das revisões não devam ser feitas, ou mesmo que sejam feitas de forma diferente a solicitada pelo revisor, anexe ao final do seu projeto a ficha “Projeto: Observações – Professor Orientador” disponível no material da disciplina, e justifique o motivo.

Lembrem que agora o limite de páginas do projeto é no máximo 12 (doze) páginas. E que a seção de “Revisão Bibliográfica” deve ser complementada.

Atenciosamente,

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – BACHARELADO

TERMO DE COMPROMISSO

I – IDENTIFICAÇÃO DO ALUNO	
Nome:	Gabriel Luís Fernando de Souza
CV Lattes:	http://lattes.cnpq.br/9411660942682556
E-mail:	glfsouza@furb.br
Telefone:	(47) 99623-9201
II – IDENTIFICAÇÃO DO TRABALHO	
Título provisório:	DESENVOLVIMENTO DE UMA BIBLIOTECA PARA O USO DO SENSOR LIDAR EM DISPOSITIVOS IOS
Orientador:	Dalton Solano do Reis
Coorientador (se houver):	
Linha de Pesquisa:	<input type="checkbox"/> Tecnologias aplicadas à informática na educação <input checked="" type="checkbox"/> Tecnologias aplicadas ao desenvolvimento de sistemas
III – COMPROMISSO DE REALIZAÇÃO DO TCC	
Eu (aluno),	Gabriel Luís Fernando de Souza
comprometo-me a realizar o trabalho proposto no semestre 2022-1, de acordo com as normas e os prazos determinados pela FURB, conforme previsto na resolução nº.20/2016.	
Assinatura:	NÃO É NECESSÁRIO – Encaminhar por mail ao orientador
IV – COMPROMISSO DE ORIENTAÇÃO	
Eu (orientador),	Dalton Solano dos Reis
comprometo-me a orientar o trabalho proposto no semestre 2022-1, de acordo com as normas e os prazos determinados pela FURB, conforme previsto na resolução nº.20/2016.	
Assinatura:	NÃO É NECESSÁRIO – Encaminhar por mail ao professor de TCC I

Blumenau, 13 de Agosto de 2021

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – TCC		
(X) PRÉ-PROJETO	() PROJETO	ANO/SEMESTRE: 2021/2

DESENVOLVIMENTO DE UMA BIBLIOTECA PARA O USO DO SENSOR LIDAR EM DISPOSITIVOS IOS

Gabriel Luís Fernando de Souza

Prof. Dalton Solano dos Reis – Orientador

1. INTRODUÇÃO

Em um mundo globalizado e tecnologicamente conectado, cada vez mais se mostra necessário registrar um momento para que ele seja recordado posteriormente. Diariamente, fotografa-se ou filma-se cenas, seja para compartilhar uma viagem em uma rede social, guardar uma recordação especial ou até mesmo registrar um quadro na sala de aula para não esquecer o seu conteúdo.

Com essa premissa, as empresas de tecnologia para dispositivos móveis estão constantemente inovando na forma que utilizamos ferramentas de filmagem e fotografia, introduzindo novas funcionalidades, que vão além de poder utilizar *zoom* nos registros dos momentos, até a possibilidade de efeito panorâmico na captura das imagens. Uma delas, anunciada primeiramente no iPad Pro da Apple, em 2020, e, posteriormente no iPhone 12 Pro, no mesmo ano, foi o LiDAR, sigla para Light Distance And Ranging. O LiDAR consiste em “um método de sensoriamento ativo que pode precisamente medir distâncias, transmitindo energia laser e analisando a energia retornada” (BAUWENS *et al.*, 2016 p. 2 nossa tradução). A tecnologia já vem sendo utilizada antes mesmo do interesse da Apple, principalmente na área florestal. Pois, como exemplificam Giongo *et al.* (2010), o LiDAR tem muitas vantagens para fazer uma digitalização em comparação com imagens de satélite para um mapeamento florestal. Visto que não depende da luz do sol, fazendo assim que seja mais fácil ignorar sombras ocasionadas pelas nuvens, assim como seus feixes de laser que são capazes de penetrar as copas das árvores facilitando na descoberta do relevo do terreno nas florestas.

Outra aplicação foi utilizada com o sensor Zephyr LiDAR por Nassif, no ano de 2017, para construir um medidor de velocidade do vento para usinas eólicas. Onde o pesquisador enfatizou que o “LiDAR é um sistema confiável, robusto e a custos relativamente baixos” (NASSIF, 2017, p. 74), que favorece a adoção nas mais diversas áreas, destacando a performance e o custo-benefício da tecnologia. Para dispositivos móveis, a principal funcionalidade do sistema é perceber profundidade através da distância em um ambiente e mapear o relevo de objetos. Rigues (2020) evidencia que uma das primeiras aplicações dessa tecnologia em um aplicativo comercial para um dispositivo da Apple foi no Snapchat, que é capaz de ler o ambiente, se fazendo possível projetar objetos virtuais precisamente, interagindo com o ambiente real. Um exemplo trazido por Rigues (2020) dessa aplicação foi se referindo a demonstração de um filtro do aplicativo no iPhone 12 Pro exibido no Apple Event de 2020, onde ressaltou que o “clipe demonstra alguns recursos sofisticados de AR, como oclusão (quando um objeto virtual fica “atrás” de um real), detecção da posição de pessoas na cena e correção de perspectiva em tempo real”, que se mostra possível com a adição do LiDAR.

Com o contexto descrito acima, este estudo se propõe a entender e desenvolver uma biblioteca de código aberto que irá digitalizar objetos reais em objetos virtuais, utilizando as tecnologias do ARKit. O ARKit é um compilado de funcionalidades para trabalhar com Realidade Aumentada (ou Augmented Reality – AR) que a Apple (2021) disponibiliza em seus dispositivos móveis para que, a partir disso, seja possível manipular objetos reais em um ambiente virtual 3D (tridimensional). Assim sendo, será realizada uma revisão bibliográfica consultando a documentação do ARKit e artigos sobre o assunto como base de estudo, bem como serão testadas as capacidades do dispositivo de fazer a digitalização de forma escalável contemplando diversos cenários para que seja identificados os possíveis problemas em um uso cotidiano.

1.1. OBJETIVOS

O objetivo geral desse trabalho é criar uma biblioteca que seja capaz de digitalizar objetos reais em objetos que possam ser manipulados em um ambiente 3D virtual utilizando LiDAR dos dispositivos iPad Pro e iPhone 12 Pro da Apple.

Os objetivos específicos são:

- definir um método para realizar a digitalização de objetos reais em objetos virtuais 3D;
- arquitetar e desenvolver uma biblioteca que possibilite a digitalização de objetos reais em

- objetos 3D utilizando o ARKit da Apple para LiDAR;
- c) desenvolver uma aplicação teste para poder validar a biblioteca desenvolvida.

2. TRABALHOS CORRELATOS

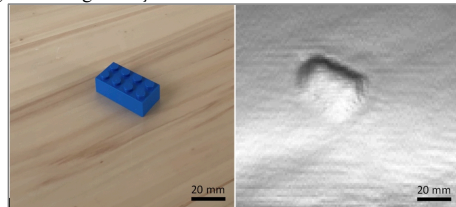
Abaixo são apresentados dois trabalhos acadêmicos e uma descrição de funcionalidade de um aplicativo que discursa sobre digitalização tridimensional, a fim de sustentar teoricamente o estudo proposto. O primeiro escrito apresenta uma comparação entre os sensores de profundidade (LiDAR e TrueDepth) da Apple com soluções industriais para digitalização de objetos 3D (VOGT; RIPS; EMMELMANN, 2021). O segundo artigo aborda uma digitalização de objetos tridimensionais utilizando o Kinect V1 e uma câmera digital de alta resolução (LOURA *et al.*, 2018). Por fim é evidenciado a descrição de funcionamento de um aplicativo comercial chamado Polycam, que faz a digitalização de objetos tridimensionais utilizando o LiDAR dos dispositivos Apple e disponibiliza objetos virtuais 3D (POLYCAM, 2021).

2.1. COMPARISON OF IPAD PRO®'S LIDAR AND TRUEDEPTH CAPABILITIES WITH AN INDUSTRIAL 3D SCANNING SOLUTION

O artigo desenvolvido por Vogt, Rips e Emmelmann (2021) tem como premissa medir a real capacidade da digitalização tridimensional com as tecnologias LiDAR e TrueDepth do iPad Pro 2020, a partir da digitalização de blocos de lego de diferentes cores e tamanhos. O principal objetivo é descobrir se as tecnologias dos dispositivos Apple se comparam com ferramentas comerciais já consolidadas no mercado.

Para isso, foram criados diversos cenários e observado como cada tecnologia se comporta. A tecnologia de mercado que foi contemplada é a Artec Space Spider com Blue Light Technology, que se trata de uma ferramenta muito comum para digitalização 3D de objetos (VOGT; RIPS; EMMELMANN, 2021). E do lado da Apple foi utilizado apenas o TrueDepth para digitalização, visto que o LiDAR não consegue extrair características em objetos pequenos, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Digitalização usando sensor LiDAR do iPad Pro 2020



Fonte: Vogt, Rips e Emmelmann (2021).

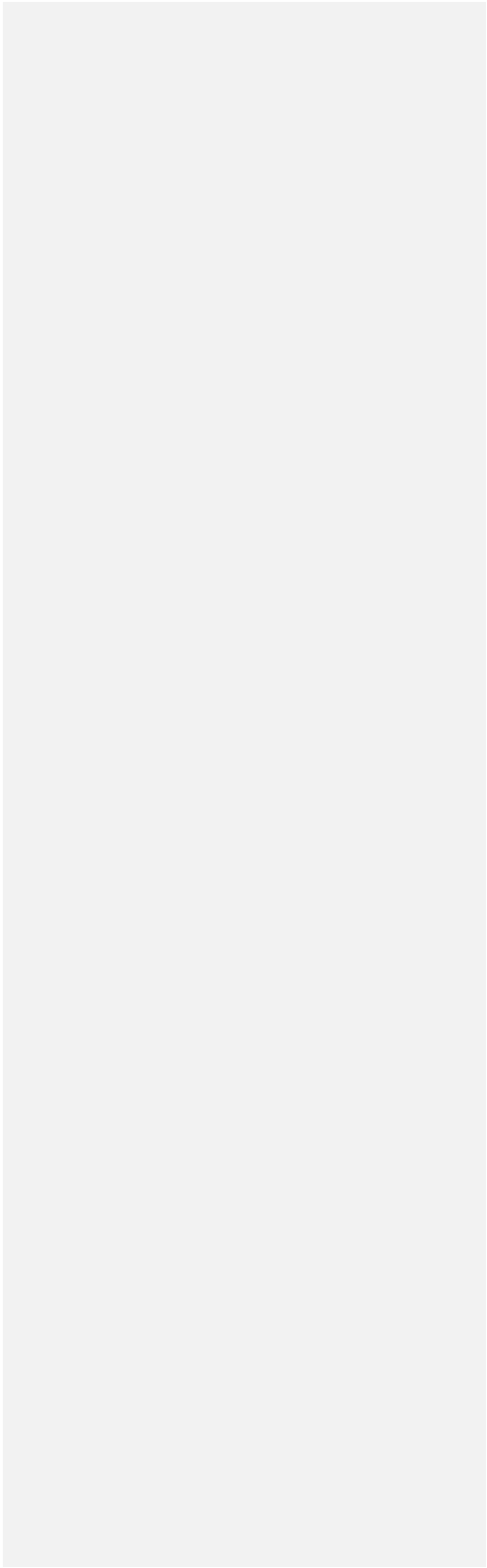
Vogt, Rips e Emmelmann (2021) discursam que o LiDAR ainda não está pronto para o consumidor final utilizar como uma ferramenta de digitalização 3D para objetos pequenos devido a sua baixa resolução. E para o TrueDepth os autores indagam que embora a sua precisão seja alta, o fato de ele se encontrar na câmera frontal limita a quantidade de objetos que podem ser digitalizados. O estudo é finalizado indagando que embora as tecnologias não sejam capazes de substituir um sensor industrial como o Artec Space Spider, a vantagem de um sensor em um dispositivo móvel é o seu baixo custo e sua disponibilidade para o consumidor final se comparado com uma solução industrial. Ainda enfatizam que uma nova atualização de hardware melhorando a tecnologia no iPad ou uma atualização de software permitindo um maior acesso para os desenvolvedores, pode ser a resolução dos problemas desses dispositivos.

2.2. RECONSTRUÇÃO 3D DE OBJETOS COM KINECT E CÂMERA DIGITAL

O trabalho de Loura *et al.* (2018) relata uma solução de baixo custo que utiliza um Kinect V1, uma câmera digital e um software desenvolvido por eles para fazer a digitalização de objetos reais os transformando em objetos CAD (*Computer Aided Design*) que podem ser manipulados em um software de modelagem 3D posteriormente. Os objetos escolhidos pelos autores para serem digitalizados foram obras de artes consideradas culturalmente importantes do Museu de Arqueologia e Etnologia (MAE), na Universidade Federal da Bahia.

Para comparar resultados com ferramentas externas, foi utilizado um programa chamado Kinect Fusion que também faz a digitalização de objetos. Dado os resultados encontrados foi perceptível que a solução dos escritores se mostrou precisa o suficiente para fazer uma digitalização de qualidade deixando

apenas alguns ruídos na digitalização. Uma comparação entre os objetos virtuais (colunas ímpares com o fundo azul) e objetos reais podem ser observado na Figura 2



Embora a tecnologia do Kinect V1 seja defasada, o resultado foi acima do esperado sendo evidenciado uma porcentagem baixa (geralmente abaixo de 10%) para erros positivos (quando a geometria do objeto virtual é maior do que do objeto real e erros negativos, quando a geometria do objeto real é maior do que a do objeto virtual). Pode ser observado na Figura 3 onde foi feita uma sobreposição das duas imagens (virtual e real) que a borda de erro é desprezível em maior parte dos casos e que o mapeamento foi feito quase que completo.

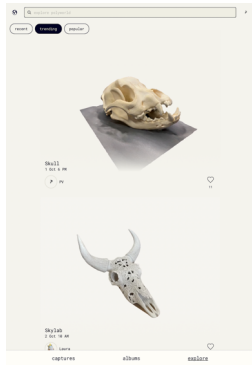
Polycam (2021) é um aplicativo de código fechado que utiliza a funcionalidade de LiDAR dos dispositivos móveis da Apple para digitalizar ambientes permitindo manipular esse ambiente. O Polycam permite isolar áreas e salvar elas como objetos 3D. E ainda é permitido através de uma compra dentro do aplicativo de exportar em um formato reconhecido por aplicativos de modelagem 3D.

A large, teal-colored brick fireplace with a built-in bookshelf on the right side. The fireplace has a dark metal grate and a small white cup on the hearth. The bookshelf is filled with books and has a small framed picture on top.

Fonte: Polycam (2021).

Esse aplicativo ainda possui uma funcionalidade semelhante a uma rede social onde usuários compartilham objetos 3D digitalizados que podem ser visualizados, baixados e manipulados no próprio Polycam como pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 – Interface de compartilhamento do Polycam



Fonte: Polycam (2021).

3. PROPOSTA DA BIBLIOTECA

Nessa seção é evidenciado os principais motivos pelo qual o presente estudo é importante, destacando as principais características da biblioteca de digitalização tridimensional a ser desenvolvida, utilizando a tecnologia LiDAR e analisando seus Requisitos Funcionais e Requisitos Não Funcionais, bem como a metodologia de pesquisa e o cronograma que será seguido no decorrer do projeto.

3.1. JUSTIFICATIVA

No Quadro 1 será elencado as principais características da biblioteca e contrapor a implementação nos trabalhos correlatos.

Quadro 1 - Comparativo dos trabalhos correlatos.

Trabalhos Correlatos	Vogt, Rips, Emmelmann (2021)	Loura <i>et al.</i> (2018)	Polycam (2021)
Características			
Utiliza a tecnologia LiDAR	Não, pois justifica não ser eficiente	Não	Sim
Faz Digitalização de objetos 3D	Sim	Sim	Sim
Utiliza dispositivos móveis da Apple	Sim	Não	Sim
É código aberto (Open Source)	N/A*	Sim	Não
Disponibiliza objetos 3D para manipulação externa	N/A*	Sim	Sim, porém com custo monetário
Objetos grandes e pequenos testados	Apenas Objetos Pequenos	Apenas Objetos Pequenos	N/A*
Adversidades de exposição de luz, cor e formato do objeto são testados	Não	Apenas Formato do Objeto	N/A*
*Não se aplica.			

Fonte: elaborado pelo autor.

Como é observado no Quadro 1, a pesquisa de Vogt, Rips e Emmelmann (2021) utilizam o LiDAR em testes preliminares, porém julgam não ser eficiente para fazer a digitalização de objetos pequenos por sua baixa qualidade de renderização de *mesh* (quantidade de polígonos) nos objetos 3D. Uma peça de lego é utilizada pelos autores, e, como observado na Figura 2, o LiDAR é incapaz de extrair todas as características do objeto.

O dispositivo utilizado por Vogt, Rips e Emmelmann (2021) para os testes foi o iPad Pro 2020, que será o mesmo utilizado para testes no presente estudo e, embora a pesquisa considere cor, posição do

objeto e iluminação do ambiente, os autores apenas utilizam objetos pequenos não contemplando a possibilidade de utilizar o LiDAR para a digitalização de peças maiores.

Já Loura *et al.* (2018) apresentam uma solução de baixo custo baseado no Kinect da Microsoft, que é um sensor que cria uma nuvem de pontos e é capaz de remodelar os objetos a partir desses pontos. Adicionalmente, para ter uma maior qualidade na imagem, os autores usam uma câmera digital, com a capacidade de tirar fotos em alta resolução (ou do inglês, Full HD). Ao final da digitalização, um objeto CAD é gerado para que possa ser manipulado em um editor 3D. A pesquisa não utiliza dispositivos móveis, ao invés disso, foca em um Kinect conectado a um computador e agrega uma câmera digital para a melhor captura de texturas para os objetos. Os objetos escolhidos pelos autores são obras arqueológicas de pequeno porte com detalhes nos seus formatos que são difíceis de serem digitalizados, porém, além desse fator, nenhuma outra adversidade é testada, como cores fortemente diferentes e iluminações estouradas. Assim como o trabalho de Loura *et al.* (2018) o presente estudo pretende permitir a digitalização de objetos e sua disponibilização em objetos CAD. A diferença de tecnologia nos permitirá comparar pontos positivos e negativos na digitalização o utilizando LiDAR além de servir como referência quando se trata de testes possíveis para garantir a qualidade da biblioteca.

Em relação ao Polycam (2021), que é um software comercial disponível na AppStore, loja de aplicativos da Apple – possui uma versão gratuita, que permite a digitalização de objetos e uma versão paga, que permite uma exportação desses objetos em 3D – dispõe da capacidade de fazer digitalizações utilizando LiDAR dos dispositivos Apple. Sua precisão para a digitalização é satisfatória quando se trata de um objeto grande, porém, assim como nos testes de Vogt, Rips e Emmelmann (2021), quando é digitalizado um objeto pequeno, maior parte das características não são extraídas, deixando o objeto incompleto.

A partir dos trabalhos correlatos, pode-se perceber que não há uma forma de código aberto e gratuita atualmente para fazer a digitalização de objetos 3D utilizando o sensor LiDAR dos dispositivos Apple. Os estudos de Vogt, Rips e Emmelmann (2021) se direcionam para o TrueDepth dos dispositivos não considerando viável o LiDAR, por outro lado, os estudos de Loura *et al.* (2018) expõem uma solução interessante que pode ser base para o estudo atual, porém utilizando outra tecnologia que é o Kinect. E o Polycam (2021), tem muitas das funcionalidades propostas pelo trabalho atual, porém de forma paga. Assim, o trabalho atual se propõe a criar uma biblioteca que, de forma gratuita e de código aberto, possa fazer a digitalização e a exportação de objetos 3D utilizando o LiDAR dos dispositivos da Apple.

3.2. REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

Os requisitos da biblioteca são:

- a) permitir que o usuário faça a digitalização de objetos tridimensionais (Requisito Funcional – RF);
- b) permitir que o usuário faça a exportação de objetos tridimensionais (RF);
- c) permitir que o usuário visualize os objetos digitalizado (RF);
- d) a biblioteca deve manter um histórico das digitalizações realizadas (RF);
- e) o ambiente de desenvolvimento será no XCode (Requisito Não Funcional – RNF);
- f) utilizar ARKit da Apple para o desenvolvimento (RNF);
- g) ser compatível com os dispositivos iPad Pro 2020, iPhone 12 Pro e iPhone 12 Pro Max (RNF);
- h) ser desenvolvido para iOS (RNF).

3.3. METODOLOGIA

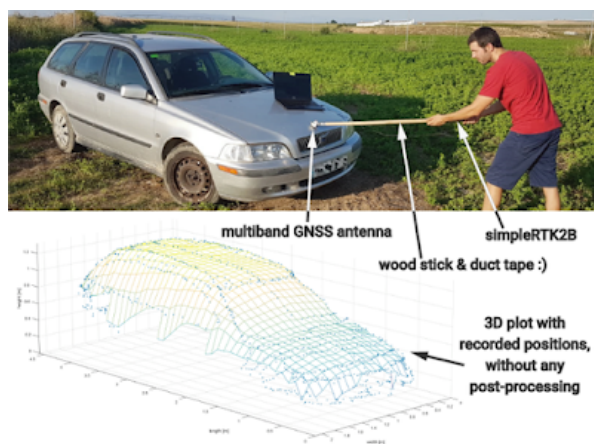
LiDAR ou Tecnologia LiDAR ?

O trabalho será desenvolvido observando as seguintes etapas:

- a) levantamento bibliográfico: estudar as documentações do ARKit e realizar uma revisão sobre LiDAR, digitalização 3D, desenvolvimento para dispositivos iOS utilizando XCode em artigos e trabalhos acadêmicos que auxiliem na criação do projeto;
- b) reavaliação dos requisitos: caso se mostre necessário, serão levantados ou removidos requisitos que não façam mais sentido estarem presentes, após o levantamento bibliográfico;
- c) levantamento de adversidades: para que os testes sejam assertivos, será criado casos de testes, considerando diversos tipos de objetos, variando suas cores, formatos e tamanhos em múltiplos cenários, levando em consideração a iluminação do ambiente;
- d) modelagem da arquitetura: dada todas as considerações anteriores, será construído um diagrama, considerando as definições Unified Model Language (UML), contemplando a

- arquitetura e os casos de uso para o software, utilizando a ferramenta Draw.io;
- e) desenvolvimento: considerando os requisitos levantados será desenvolvida a biblioteca utilizando o ARKit da Apple e uma aplicação teste que consumirá a biblioteca para testes;
 - f) testes dos requisitos: durante o desenvolvimento, serão mapeados testes automatizados, unitários e de integração se baseando nos requisitos funcionais levantados, garantindo que o objetivo do projeto foi concluído;
 - g) testes de usabilidade: após os testes de requisitos, a biblioteca será utilizada em uma aplicação onde serão executados testes manuais para verificar a capacidade de uso em diferentes dispositivos.

Lembra muito de um GPS de alta precisão da u-blox



As etapas serão realizadas nos períodos relacionados no Quadro 2.

Quadro 2 - Cronograma

Etapas / quinzenas	2022									
	fev.		mar.		abr.		maio		jun.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Levantamento bibliográfico										
Reavaliação dos requisitos										
Levantamento de adversidades										
Modelagem da arquitetura										
Desenvolvimento										
Testes dos requisitos										
Testes de usabilidade										

Fonte: elaborado pelo autor.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esse capítulo predispõe de uma descrição breve dos assuntos abordados neste projeto, dentre eles estão softwares *open source* (código aberto), LiDAR e digitalização tridimensional.

Open source, como definido pela Open Source Initiative (2007), vai além de apenas ter o código fonte aberto para a visualização. Se trata de uma série de regras que define que o código pode ser reutilizado, distribuído e incrementado por qualquer pessoa ou empresa não discriminando nenhum grupo. Além disso ainda define que o software deve permitir a utilização de todas as suas funcionalidades, desde que sejam seguidas as regras de licenciaturas estabelecidas que mantêm os direitos dos autores preservados. Assim, foi optado a adoção de um código aberto para esse desenvolvimento, agregando na comunidade de pesquisa. Esse projeto não tem como intenção desenvolver um software comercial.

LiDAR, como já discursado no decorrer do presente estudo, é uma tecnologia promissora que com sua adição em dispositivos móveis se torna mais atraente ao consumidor final. Na área florestal, como

indagam Bauwens *et al.* (2016), já vem sendo estudada a possibilidade da utilização de sensores LiDAR portáteis, pois a metodologia de mapeamento aéreo não é capaz de destacar todos os elementos das florestas, onde um mapeamento de campo poderia resultar em um detalhamento mais abrangente das árvores. Com a chegada desse sensor nos dispositivos Apple, caso a tecnologia se prove eficiente, esta pesquisa poderia ser feita até mesmo por um aparelho celular.

Além da área florestal, a digitalização tridimensional é muito útil para preservação histórica. No trabalho de Gonzo *et al.* (2007) foram utilizados diversos métodos de modelagem 3D com o intuito de catalogar monumentos históricos na Itália. Dentre eles é elencado a modelagem baseada em imagem e a digitalização a laser por alcance. A modelagem baseada em imagem se trata de uma técnica que através de uma imagem estática, modela-se um objeto tridimensional que se assemelhe ao real e, posteriormente, mapeia-se a imagem como textura, utilizando os limites geométricos e sombras das imagens como ponto de referência para montar relevo. Embora seu custo seja reduzido em comparação com outros métodos, essa digitalização necessita que a câmera esteja nas condições perfeitas que, segundo os autores, são consideravelmente difíceis de atingir e o tempo despendido para fazer essa modelagem é consideravelmente alto. Outro método de modelagem é a digitalização a laser por alcance, também conhecido como LiDAR. Utilizando essa forma de digitalização o processamento é rápido e é capaz de detalhar ambientes complexos sem muito esforço. O seu ponto negativo é que pelo fato de mapear apenas as distâncias para um objeto 3D, ele sozinho precisaria de muita edição para se mostrar útil. Logo, a sugestão levantada por Gonzo *et al.* (2007) é a de combinar os dois métodos, o fotográfico para a texturização do ambiente e o laser para a criação das modelagens, que é utilizado neste estudo.

REFERÊNCIAS

- BAUWENS, Sébastien; BARTHOLOMEUS, Harm; CALDERS, Kim; LEJEUNE, Philippe. Forest Inventory with Terrestrial LiDAR: a comparison of static and hand-held mobile laser scanning. **Forests**, Basel, v. 7, n. 12, p. 127, 21 jun. 2016. MDPI AG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/f7060127>.
- GIONGO, Marcos; KOEHLER, Henrique Soares; MACHADO, Sebastião do Amaral; KIRCHNER, Flavio Felipe; MARCHETTI, Marco. LiDAR: princípios e aplicações florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Curitiba, v. 30, n. 63, p. 231-244, 28 out. 2010. Embrapa Florestas. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4336/2010.pfb.30.63.231>.
- GONZO, L.; VOLTOLINI, F.; GIRARDI, S.; RIZZI, A.; REMONDINO, F.; EL-HAKIM, S.F. Multiple Techniques Approach to the 3D Virtual Reconstruction of Cultural Heritage. *In*: Eurographics Italian Chapter Conference, número do evento em algarismo arábico., 2007, Trento. **Anais R. De Amicis and G. Conti**, p. 213 – 216. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2312/LocalChapterEvents/ItalChap/ItalianChapConf2007/213-216>.
- LOURA, Daniel de Sousa Alves; OLIVEIRA, Yuri de Matos Alves de; RAIMUNDO, Pedro Oliveira; AGÜERO, Karl Philips Apaza. Reconstrução 3D de Objetos com Kinect e Câmera Digital. **Revista Eletrônica de Iniciação Científica em Computação**, Bahia, v. 16, n. 6, p. 1-17, 8 dez. 2018. Sociedade Brasileira de Computação - SB. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5753/reic.2018.1077>.
- NASSIF, Felipe de Barros A **Tecnologia LiDAR Aplicada A Medições Eólicas Sobre Corpos Hídricos e Oceano**. 2017. p. 113. Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – UFSC, Florianópolis.
- OPEN SOURCE INITIATIVE. **The Open Source Definition (Annotated)**. 2007. Disponível em: <https://opensource.org/osd.html> Acesso em: 20 set 2021.
- POLYCAM. **FAQ**. 2021 Disponível em: <https://poly.cam/learn> Acesso em: 20 set 2021.
- RIGUES, Rafael. **Snapchat será um dos primeiros apps a usar o Lidar no iPhone 12 Pro**. 2020. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2020/10/14/noticias/snapchat-sera-um-dos-primeiros-apps-a-usar-o-lidar-no-iphone-12-pro/>. Acesso em: 20 set. 2021.
- VOGT, Maximilian; RIPS, Adrian; EMMELMANN, Claus. Comparison of iPad Pro®'s LiDAR and TrueDepth Capabilities with an Industrial 3D Scanning Solution. **Technologies**, Basel, v. 9, n. 2, p. 25, 7 abr. 2021. MDPI AG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/technologies9020025>.

FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO – PROFESSOR AVALIADOR

Avaliador(a): **Miguel Alexandre Wisintainer**

Atenção: quando o avaliador marcar algum item como atende parcialmente ou não atende, deve obrigatoriamente indicar os motivos no texto, para que o aluno saiba o porquê da avaliação.

ASPECTOS AVALIADOS ¹		Atende	atende parcialmente	não atende
ASPECTOS TÉCNICOS	1. INTRODUÇÃO O tema de pesquisa está devidamente contextualizado/delimitado?	x		
	O problema está claramente formulado?	x		
	2. OBJETIVOS O objetivo principal está claramente definido e é passível de ser alcançado?	x		
	Os objetivos específicos são coerentes com o objetivo principal?	x		
	3. TRABALHOS CORRELATOS São apresentados trabalhos correlatos, bem como descritas as principais funcionalidades e os pontos fortes e fracos?	x		
	4. JUSTIFICATIVA Foi apresentado e discutido um quadro relacionando os trabalhos correlatos e suas principais funcionalidades com a proposta apresentada?	x		
	São apresentados argumentos científicos, técnicos ou metodológicos que justificam a proposta?	x		
	São apresentadas as contribuições teóricas, práticas ou sociais que justificam a proposta?	x		
	5. REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO Os requisitos funcionais e não funcionais foram claramente descritos?	x		
	6. METODOLOGIA Foram relacionadas todas as etapas necessárias para o desenvolvimento do TCC?	x		
	Os métodos, recursos e o cronograma estão devidamente apresentados e são compatíveis com a metodologia proposta?	x		
	7. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (atenção para a diferença de conteúdo entre projeto e pré-projeto) Os assuntos apresentados são suficientes e têm relação com o tema do TCC?	x		
	As referências contemplam adequadamente os assuntos abordados (são indicadas obras atualizadas e as mais importantes da área)?	x		
ASPECTOS METODOLÓGICOS	8. LINGUAGEM USADA (redação) O texto completo é coerente e redigido corretamente em língua portuguesa, usando linguagem formal/científica?	x		
	A exposição do assunto é ordenada (as ideias estão bem encadeadas e a linguagem utilizada é clara)?	x		

1.1.1



UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO I
CURSO: CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO - BCC

ATA DA DEFESA: BANCA DO PRÉ-PROJETO

Venho, por meio deste, manifestar minha avaliação sobre a **apresentação** do Pré-Projeto de TCC realizado pelo(a) acadêmico(a), Gabriel Luis Fernando de Souza no **SEGUNDO SEMESTRE DE 2021**, com o título **DESENVOLVIMENTO DE UMA BIBLIOTECA PARA O USO DO SENSOR LIDAR EM DISPOSITIVOS IOS**, sob orientação do prof(a). Dalton Solano dos Reis.

A referida apresentação obteve a seguinte nota:

Componente da Banca	Nota (de 0 a 10)
Professor(a) Avaliador(a): Miguel Alexandre Wisintainer	10,0

ATENÇÃO. A nota acima se refere somente a apresentação do pré-projeto e vai ser repassada para o aluno (orientando). Favor preencher os campos acima e enviar por e-mail ao professor de TCC1 (dalton@furb.br). Não passar o arquivo com as anotações da revisão já enviado ao professor de TCC1 para o orientando e nem para o professor orientador. Após o professor de TCC1 receber esta ata preenchida, o professor de TCC1 vai disponibilizar para o orientando/orientador os arquivos com as revisões. Caso julgue necessário fazer mais alguma consideração relacionada ao pré-projeto ou a defesa, favor usar o espaço abaixo.

Observações da apresentação:

Colocar se possível imagens da apresentação no ARTIGO

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – TCC		
(X) PRÉ-PROJETO	() PROJETO	ANO/SEMESTRE: 2021/2

DESENVOLVIMENTO DE UMA BIBLIOTECA PARA O USO DO SENSOR LIDAR EM DISPOSITIVOS IOS

Gabriel Luís Fernando de Souza

Prof. Dalton Solano dos Reis – Orientador

5. INTRODUÇÃO

Em um mundo globalizado e tecnologicamente conectado, cada vez mais se mostra necessário registrar um momento para que ele seja recordado posteriormente. Diariamente, fotografa-se ou filma-se cenas, seja para compartilhar uma viagem em uma rede social, guardar uma recordação especial ou até mesmo registrar um quadro na sala de aula para não esquecer o seu conteúdo.

Com essa premissa, as empresas de tecnologia para dispositivos móveis estão constantemente inovando na forma que utilizamos ferramentas de filmagem e fotografia, introduzindo novas funcionalidades, que vão além de poder utilizar *zoom* nos registros dos momentos, até a possibilidade de efeito panorâmico na captura das imagens. Uma delas, anunciada primeiramente no iPad Pro da Apple, em 2020, e, posteriormente no iPhone 12 Pro, no mesmo ano, foi o LiDAR, sigla para Light Distance And Ranging. O LiDAR consiste em “um método de sensoriamento ativo que pode precisamente medir distâncias, transmitindo energia laser e analisando a energia retornada” (BAUWENS *et al.*, 2016 p. 2 *nosssa tradução*). A tecnologia já vem sendo utilizada antes mesmo do interesse da Apple, principalmente na área florestal. Pois, como exemplificam Giongo *et al.* (2010), o LiDAR tem muitas vantagens para fazer uma digitalização em comparação com imagens de satélite para um mapeamento florestal. Visto que não depende da luz do sol, fazendo assim que seja mais fácil ignorar sombras ocasionadas pelas nuvens, assim como seus feixes de laser que são capazes de penetrar as copas das árvores facilitando na descoberta do relevo do terreno nas florestas.

Outra aplicação foi utilizada com o sensor Zephyr LiDAR por Nassif, no ano de 2017, para construir um medidor de velocidade do vento para usinas eólicas. Onde o pesquisador enfatizou que o “LiDAR é um sistema confiável, robusto e a custos relativamente baixos” (NASSIF, 2017, p. 74), que favorece a adoção nas mais diversas áreas, destacando a performance e o custo-benefício da tecnologia. Para dispositivos móveis, a principal funcionalidade do sistema é perceber profundidade através da distância em um ambiente e mapear o relevo de objetos. Rigues (2020) evidencia que uma das primeiras aplicações dessa tecnologia em um aplicativo comercial para um dispositivo da Apple foi no Snapchat, que é capaz de ler o ambiente, se fazendo possível projetar objetos virtuais precisamente, interagindo com o ambiente real. Um exemplo trazido por Rigues (2020) dessa aplicação foi se referindo a demonstração de um filtro do aplicativo no iPhone 12 Pro exibido no Apple Event de 2020, onde ressaltou que o “clipe demonstra alguns recursos sofisticados de AR, como oclusão (quando um objeto virtual fica “atrás” de um real), detecção da posição de pessoas na cena e correção de perspectiva em tempo real”, que se mostra possível com a adição do LiDAR.

Com o contexto descrito acima, este estudo se propõe a entender e desenvolver uma biblioteca de código aberto que irá digitalizar objetos reais em objetos virtuais, utilizando as tecnologias do ARKit. O ARKit é um compilado de funcionalidades para trabalhar com Realidade Aumentada (ou Augmented Reality – AR) que a Apple (2021) disponibiliza em seus dispositivos móveis para que, a partir disso, seja possível manipular objetos reais em um ambiente virtual 3D (tridimensional). Assim sendo, será realizada uma revisão bibliográfica consultando a documentação do ARKit e artigos sobre o assunto como base de estudo, bem como serão testadas as capacidades do dispositivo de fazer a digitalização de forma escalável contemplando diversos cenários para que *seja identificados* os possíveis problemas em um uso cotidiano.

5.1. OBJETIVOS

O objetivo geral desse trabalho é criar uma biblioteca que *seja capaz de* digitalizar objetos reais em objetos que possam ser manipulados em um ambiente 3D virtual utilizando LiDAR dos dispositivos iPad Pro e iPhone 12 Pro da Apple.

Os objetivos específicos são:

- definir um método para realizar a digitalização de objetos reais em objetos virtuais 3D;
- arquitetar e desenvolver uma biblioteca que possibilite a digitalização de objetos reais em

Comentado [MCL1]: Procure não fazer parágrafos tão curtos.

Comentado [MCL2]: , tradução nossa

Comentado [MCL3]: Tirar

Comentado [MCL4]: ,

Comentado [MCL5]: tornando

Comentado [MCL6]: (2017)

Comentado [MCL7]: Use “onde” para lugar.

Comentado [MCL8]: sendo

Comentado [MCL9]: Crase
Vou assinalar erros de redação em amarelo.

Comentado [MCL10]: Inserir a referência e como é uma citação direta, é obrigatório o número da página.

Comentado [MCL11]: Em que momento o LiDAR é incluído na sua proposta?

Comentado [MCL12]: Acho que não é essa a função da biblioteca e sim permitir a digitalização, não?

Comentado [MCL13]: Não entendi o que quer dizer com “definir um método”. O ARKit já não faz isso?

Comentado [MCL14]: Qual a diferença desse objetivo para o geral?

- objetos 3D utilizando o ARKit da Apple para LiDAR;
j) desenvolver uma aplicação teste para poder validar a biblioteca desenvolvida.

6. TRABALHOS CORRELATOS

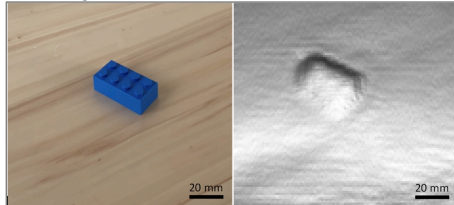
Abaixo são apresentados dois trabalhos acadêmicos e uma descrição de funcionalidade de um aplicativo que discursa sobre digitalização tridimensional, a fim de sustentar teoricamente o estudo proposto. O primeiro escrito apresenta uma comparação entre os sensores de profundidade (LiDAR e TrueDepth) da Apple com soluções industriais para digitalização de objetos 3D (VOGT; RIPS; EMMELMANN, 2021). O segundo artigo aborda uma digitalização de objetos tridimensionais utilizando o Kinect V1 e uma câmera digital de alta resolução (LOURA *et al.*, 2018). Por fim, é evidenciado a descrição de funcionamento de um aplicativo comercial chamado Polycam, que faz a digitalização de objetos tridimensionais utilizando o LiDAR dos dispositivos Apple e disponibiliza objetos virtuais 3D (POLYCAM, 2021).

6.1. COMPARISON OF IPAD PRO®'S LIDAR AND TRUEDEPTH CAPABILITIES WITH AN INDUSTRIAL 3D SCANNING SOLUTION

O artigo desenvolvido por Vogt, Rips e Emmelmann (2021) tem como premissa medir a real capacidade da digitalização tridimensional com as tecnologias LiDAR e TrueDepth do iPad Pro 2020, a partir da digitalização de blocos de Lego de diferentes cores e tamanhos. O principal objetivo é descobrir se as tecnologias dos dispositivos Apple se comparam com ferramentas comerciais já consolidadas no mercado.

Para isso, foram criados diversos cenários e observado como cada tecnologia se comporta. A tecnologia de mercado que foi contemplada é a Artec Space Spider com Blue Light Technology, que se trata de uma ferramenta muito comum para digitalização 3D de objetos (VOGT; RIPS; EMMELMANN, 2021). E do lado da Apple foi utilizado apenas o TrueDepth para digitalização, visto que o LiDAR não consegue extrair características em objetos pequenos, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Digitalização usando sensor LiDAR do iPad Pro 2020



Fonte: Vogt, Rips e Emmelmann (2021).

Vogt, Rips e Emmelmann (2021) discursam que o LiDAR ainda não está pronto para o consumidor final utilizar como uma ferramenta de digitalização 3D para objetos pequenos devido a sua baixa resolução. E para o TrueDepth os autores indagam que embora a sua precisão seja alta, o fato de ele se encontrar na câmera frontal limita a quantidade de objetos que podem ser digitalizados. O estudo é finalizado indagando que embora as tecnologias não sejam capazes de substituir um sensor industrial como o Artec Space Spider, a vantagem de um sensor em um dispositivo móvel é o seu baixo custo e sua disponibilidade para o consumidor final se comparado com uma solução industrial. Ainda enfatizam que uma nova atualização de hardware melhorando a tecnologia no iPad ou uma atualização de software permitindo um maior acesso para os desenvolvedores, pode ser a resolução dos problemas desses dispositivos.

6.2. RECONSTRUÇÃO 3D DE OBJETOS COM KINECT E CÂMERA DIGITAL

O trabalho de Loura *et al.* (2018) relata uma solução de baixo custo que utiliza um Kinect V1, uma câmera digital e um software desenvolvido por eles para fazer a digitalização de objetos reais os transformando em objetos CAD (*Computer Aided Design*) que podem ser manipulados em um software de modelagem 3D posteriormente. Os objetos escolhidos pelos autores para serem digitalizados foram obras de artes consideradas culturalmente importantes do Museu de Arqueologia e Etnologia (MAE), na Universidade Federal da Bahia.

Para comparar resultados com ferramentas externas, foi utilizado um programa chamado Kinect Fusion que também faz a digitalização de objetos. Dado os resultados encontrados foi perceptível que a solução dos escritores se mostrou precisa o suficiente para fazer uma digitalização de qualidade deixando

Comentado [MCL15]: “A seguir” ou “Nesta seção”

Comentado [MCL16]: Os correlatos não têm exatamente esse propósito. A sustentação teórica é feita pela fundamentação bibliográfica.

Comentado [MCL17]: ,

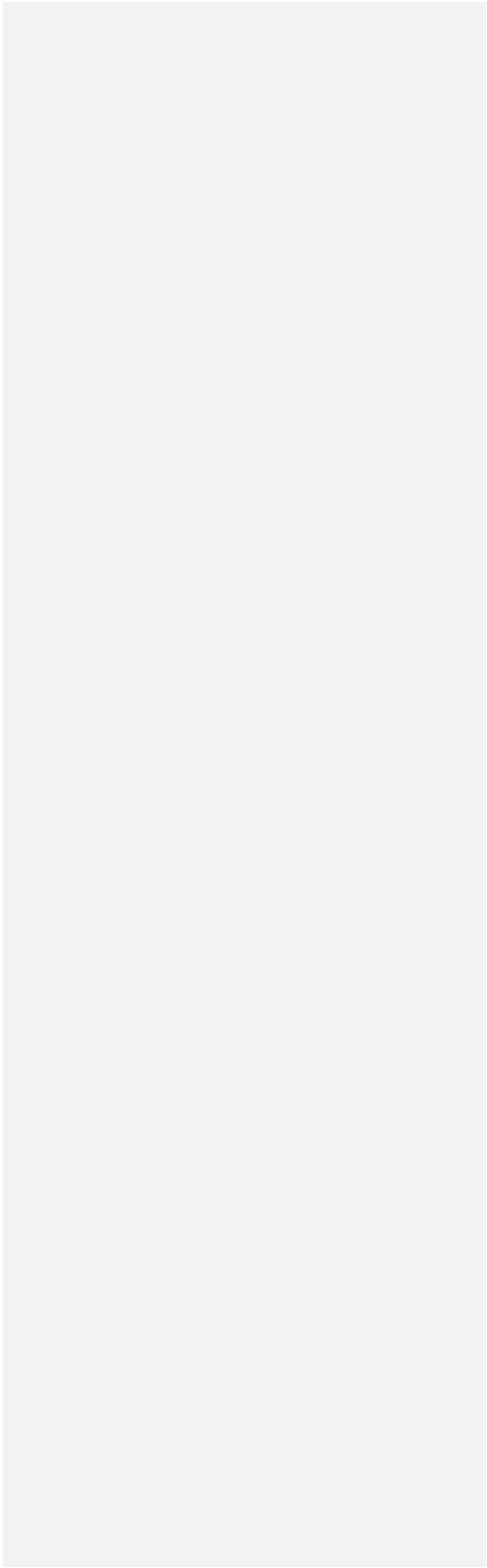
Comentado [MCL18]: Não inicie frases com “E”.

Comentado [MCL19]: Tem certeza que a figura permite observar o que afirma aqui?

Comentado [MCL20]: Pq esse trabalho é um correlato?

Comentado [MCL21]: Por extenso fora dos parênteses e abreviatura dentro. Não use itálico em nomes próprios.

apenas alguns ruídos na digitalização. Uma comparação entre os objetos virtuais (colunas ímpares com o fundo azul) e objetos reais **podem ser observado** na Figura 2

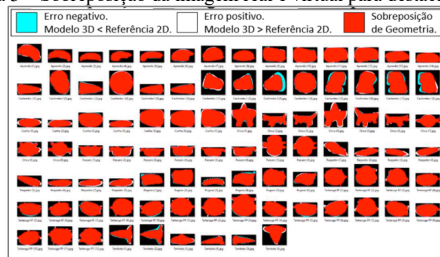




Fonte: Loura *et al.* (2018).

Embora a tecnologia do Kinect V1 seja defasada, o resultado foi acima do esperado sendo evidenciado uma porcentagem baixa (geralmente abaixo de 10%) para erros positivos (quando a geometria do objeto virtual é maior do que do objeto real e erros negativos, quando a geometria do objeto real é maior do que a do objeto virtual). Pode ser observado na Figura 3 onde foi feita uma sobreposição das duas imagens (virtual e real) que a borda de erro é desprezível em maior parte dos casos e que o mapeamento foi feito quase que completo.

Figura 3 – Sobreposição da imagem real e virtual para destacar erros



Fonte: Loura *et al.* (2018).

6.3. POLYCAM

Polycam (2021) é um aplicativo de código fechado que utiliza a funcionalidade de LiDAR dos dispositivos móveis da Apple para digitalizar ambientes permitindo manipular esse ambiente. O Polycam permite isolar áreas e salvar elas como objetos 3D. É ainda é permitido através de uma compra dentro do aplicativo de exportar em um formato reconhecido por aplicativos de modelagem 3D.

Para fazer essa digitalização, o aplicativo faz uma filmagem com a câmera para gerar a textura do objeto tridimensional, enquanto utiliza também o LiDAR que percebe a profundidade, assim gerando o ambiente tridimensional. Na Figura 4, se pode observar esse mapeamento em ação, onde os polígonos na cena representam o cenário sendo estruturado.

Figura 4 – Digitalização de um ambiente sendo feito utilizando o Polycam



Fonte: Polycam (2021).

Comentado [MCL22]: Talvez colocar apenas um ou dois objetos para melhorar a visualização.

Comentado [MCL23]: Quem afirma isso?

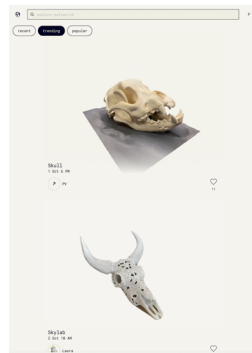
Comentado [MCL24]: Imagem muito pequena para poder observar.

Comentado [MCL25]: é possível

Comentado [MCL26]: Não consigo perceber isso pela figura.

Esse aplicativo ainda possui uma funcionalidade semelhante a uma rede social onde usuários compartilham objetos 3D digitalizados que podem ser visualizados, baixados e manipulados no próprio Polycam como pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 – Interface de compartilhamento do Polycam



Fonte: Polycam (2021).

Comentado [MCL27]: Está pequena a imagem para permitir a visualização.

Comentado [MCL28]: Parece incompleta a descrição desse correlato. Não há mais detalhes técnicos sobre ele?

7. PROPOSTA DA BIBLIOTECA

Nessa seção é evidenciado os principais motivos pelo qual o presente estudo é importante, destacando as principais características da biblioteca de digitalização tridimensional a ser desenvolvida, utilizando a tecnologia LiDAR e analisando seus Requisitos Funcionais e Requisitos Não Funcionais, bem como a metodologia de pesquisa e o cronograma que será seguido no decorrer do projeto.

7.1. JUSTIFICATIVA

No Quadro 1 será elencado as principais características da biblioteca e contrapor a implementação nos trabalhos correlatos.

Quadro 3 - Comparativo dos trabalhos correlatos.

Trabalhos Correlatos	Vogt, Rips, Emmelmann (2021)	Loura <i>et al.</i> (2018)	Polycam (2021)
Utiliza a tecnologia LiDAR	Não, pois justifica não ser eficiente	Não	Sim
Faz Digitalização de objetos 3D	Sim	Sim	Sim
Utiliza dispositivos móveis da Apple	Sim	Não	Sim
É código aberto (Open Source)	N/A*	Sim	Não
Disponibiliza objetos 3D para manipulação externa	N/A*	Sim	Sim, porém com custo monetário
Objetos grandes e pequenos testados	Apenas Objetos Pequenos	Apenas Objetos Pequenos	N/A*
Adversidades de exposição de luz, cor e formato do objeto são testados	Não	Apenas Formato do Objeto	N/A*

*Não se aplica.

Fonte: elaborado pelo autor.

Comentado [MCL29]: Mas eles usaram para poder afirmar isso, não?

Comentado [MCL30]: Não foi discutido em nenhum deles.

Como é observado no Quadro 1, a pesquisa de Vogt, Rips e Emmelmann (2021) utilizam o LiDAR em testes preliminares, porém julgam não ser eficiente para fazer a digitalização de objetos pequenos por sua baixa qualidade de renderização de *mesh* (quantidade de polígonos) nos objetos 3D. Uma peça de lego é utilizada pelos autores, e, como observado na Figura 2, o LiDAR é incapaz de extrair todas as características do objeto.

O dispositivo utilizado por Vogt, Rips e Emmelmann (2021) para os testes foi o iPad Pro 2020, que será o mesmo utilizado para testes no presente estudo e, embora a pesquisa considere cor, posição do

objeto e iluminação do ambiente, os autores apenas utilizam objetos pequenos não contemplando a possibilidade de utilizar o LiDAR para a digitalização de peças maiores.

Já Loura *et al.* (2018) apresentam uma solução de baixo custo baseado no Kinect da Microsoft, que é um sensor que cria uma nuvem de pontos e é capaz de remodelar os objetos a partir desses pontos. Adicionalmente, para ter uma maior qualidade na imagem, os autores usam uma câmera digital, com a capacidade de tirar fotos em alta resolução (ou do inglês, Full HD). Ao final da digitalização, um objeto CAD é gerado para que possa ser manipulado em um editor 3D. A pesquisa não utiliza dispositivos móveis, ao invés disso, foca em um Kinect conectado a um computador e agrega uma câmera digital para a melhor captura de texturas para os objetos. Os objetos escolhidos pelos autores são obras arqueológicas de pequeno porte com detalhes nos seus formatos que são difíceis de serem digitalizados, porém, além desse fator, nenhuma outra adversidade é testada, como cores fortemente diferentes e iluminações estouradas. Assim como o trabalho de Loura *et al.* (2018) o presente estudo pretende permitir a digitalização de objetos e sua disponibilização em objetos CAD. A diferença de tecnologia nos permitirá comparar pontos positivos e negativos na digitalização o utilizando LiDAR além de servir como referência quando se trata de testes possíveis para garantir a qualidade da biblioteca.

Em relação ao Polycam (2021), que é um software comercial disponível na AppStore, loja de aplicativos da Apple – possui uma versão gratuita, que permite a digitalização de objetos e uma versão paga, que permite uma exportação desses objetos em 3D – dispõe da capacidade de fazer digitalizações utilizando LiDAR dos dispositivos Apple. Sua precisão para a digitalização é satisfatória quando se trata de um objeto grande, porém, assim como nos testes de Vogt, Rips e Emmelmann (2021), quando é digitalizado um objeto pequeno, maior parte das características não são extraídas, deixando o objeto incompleto.

A partir dos trabalhos correlatos, pode-se perceber que não há uma forma de código aberto e gratuita atualmente para fazer a digitalização de objetos 3D utilizando o sensor LiDAR dos dispositivos Apple. Os estudos de Vogt, Rips e Emmelmann (2021) se direcionam para o TrueDepth dos dispositivos não considerando viável o LiDAR, por outro lado, os estudos de Loura *et al.* (2018) expõem uma solução interessante que pode ser base para o estudo atual, porém utilizando outra tecnologia que é o Kinect. E o Polycam (2021), tem muitas das funcionalidades propostas pelo trabalho atual, porém de forma paga. Assim, o trabalho atual se propõe a criar uma biblioteca que, de forma gratuita e de código aberto, possa fazer a digitalização e a exportação de objetos 3D utilizando o LiDAR dos dispositivos da Apple.

7.2. REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

Os requisitos da biblioteca são:

- k) permitir que o usuário faça a digitalização de objetos tridimensionais (Requisito Funcional – RF);
- l) permitir que o usuário faça a exportação de objetos tridimensionais (RF);
- m) permitir que o usuário visualize os objetos digitalizado (RF);
- n) a biblioteca deve manter um histórico das digitalizações realizadas (RF);
- o) o ambiente de desenvolvimento será no XCode (Requisito Não Funcional – RNF);
- p) utilizar ARKit da Apple para o desenvolvimento (RNF);
- q) ser compatível com os dispositivos iPad Pro 2020, iPhone 12 Pro e iPhone 12 Pro Max (RNF);
- r) ser desenvolvido para iOS (RNF).

7.3. METODOLOGIA

O trabalho será desenvolvido observando as seguintes etapas:

- s) levantamento bibliográfico: estudar as documentações do ARKit e realizar uma revisão sobre LiDAR, digitalização 3D, desenvolvimento para dispositivos iOS utilizando XCode em artigos e trabalhos acadêmicos que auxiliem na criação do projeto;
- t) reavaliação dos requisitos: caso se mostre necessário, serão levantados ou removidos requisitos que não façam mais sentido estarem presentes, após o levantamento bibliográfico;
- u) levantamento de adversidades: para que os testes sejam assertivos, será criado casos de testes, considerando diversos tipos de objetos, variando suas cores, formatos e tamanhos em múltiplos cenários, levando em consideração a iluminação do ambiente;
- v) modelagem da arquitetura: dada todas as considerações anteriores, será construído um diagrama, considerando as definições Unified Model Language (UML), contemplando a arquitetura e os casos de uso para o software, utilizando a ferramenta Draw.io;
- w) desenvolvimento: considerando os requisitos levantados será desenvolvida a biblioteca utilizando o ARKit da Apple e uma aplicação teste que consumirá a biblioteca para testes;

Comentado [MCL31]: Substituir pois é coloquial.

Comentado [MCL32]: ,

Comentado [MCL33]: tirar

Comentado [MCL34]: tirar

Comentado [MCL35]: idem

Comentado [MCL36]: Vc pretende fazer a digitalização de que tipo de objeto? Acho importante destacar, uma vez que há autores que afirmam que a tecnologia não é boa para objetos pequenos.

Falta a relevância científica ou tecnológica e prática ou social do seu trabalho.

Comentado [MCL37]: Aqui vc precisa separar as funções que a biblioteca vai oferecer pois me parece que ela não é para o usuário final. Vc afirma que irá criar uma aplicação de testes. É preciso ver como diferenciar isso.

Comentado [MCL38]: Como isso será disponibilizado pela biblioteca? Esse histórico é só durante o uso ou implica em gravar dados?

Comentado [MCL39]: Pode ser mais adiante, não?

Comentado [MCL40]: Precisa repensar pois não irá desenvolver um software mas uma biblioteca.

Comentado [MCL41]: Penso que são ações separadas.

- x) testes dos requisitos: durante o desenvolvimento, serão mapeados testes automatizados, unitários e de integração se baseando nos requisitos funcionais levantados, garantindo que o objetivo do projeto foi concluído;
- y) testes de usabilidade: após os testes de requisitos, a biblioteca será utilizada em uma aplicação onde serão executados testes manuais para verificar a capacidade de uso em diferentes dispositivos.

As etapas serão realizadas nos períodos relacionados no Quadro 2.

Quadro 4 - Cronograma

Etapas / quinzenas	2022									
	fev.		mar.		abr.		maio		jun.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Levantamento bibliográfico										
Reavaliação dos requisitos										
Levantamento de adversidades										
Modelagem da arquitetura										
Desenvolvimento										
Testes dos requisitos										
Testes de usabilidade										

Fonte: elaborado pelo autor.

8. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esse capítulo predispõe de uma descrição breve dos assuntos abordados neste projeto, dentre eles estão softwares *open source* (código aberto), LiDAR e digitalização tridimensional.

Open source, como definido pela Open Source Initiative (2007), vai além de apenas ter o código fonte aberto para a visualização. Se trata de uma série de regras que define que o código pode ser reutilizado, distribuído e incrementado por qualquer pessoa ou empresa não discriminando nenhum grupo. Além disso ainda define que o software deve permitir a utilização de todas as suas funcionalidades, desde que sejam seguidas as regras de licenciaturas estabelecidas que mantêm os direitos dos autores preservados. Assim, foi optado a adoção de um código aberto para esse desenvolvimento, agregando na comunidade de pesquisa. Esse projeto não tem como intenção desenvolver um software comercial.

LiDAR, como já discursado no decorrer do presente estudo, é uma tecnologia promissora que com sua adição em dispositivos móveis se torna mais atraente ao consumidor final. Na área florestal, como indagam Bauwens *et al.* (2016), já vem sendo estudada a possibilidade da utilização de sensores LiDAR portáteis, pois a metodologia de mapeamento aéreo não é capaz de destacar todos os elementos das florestas, onde um mapeamento de campo poderia resultar em um detalhamento mais abrangente das árvores. Com a chegada desse sensor nos dispositivos Apple, caso a tecnologia se prove eficiente, esta pesquisa poderia ser feita até mesmo por um aparelho celular.

Além da área florestal, a digitalização tridimensional é muito útil para preservação histórica. No trabalho de Gonzo *et al.* (2007) foram utilizados diversos métodos de modelagem 3D com o intuito de catalogar monumentos históricos na Itália. Dentre eles é elencado a modelagem baseada em imagem e a digitalização a laser por alcance. A modelagem baseada em imagem se trata de uma técnica que através de uma imagem estática, modela-se um objeto tridimensional que se assemelhe ao real e, posteriormente, mapeia-se a imagem como textura, utilizando os limites geométricos e sombras das imagens como ponto de referência para montar relevo. Embora seu custo seja reduzido em comparação com outros métodos, essa digitalização necessita que a câmera esteja nas condições perfeitas que, segundo os autores, são consideravelmente difíceis de atingir e o tempo despendido para fazer essa modelagem é consideravelmente alto. Outro método de modelagem é a digitalização a laser por alcance, também conhecido como LiDAR. Utilizando essa forma de digitalização o processamento é rápido e é capaz de detalhar ambientes complexos sem muito esforço. O seu ponto negativo é que pelo fato de mapear apenas as distancias para um objeto 3D, ele sozinho precisaria de muita edição para se mostrar útil. Logo, a sugestão levantada por Gonzo *et al.* (2007) é a de combinar os dois métodos, o fotográfico para a texturização do ambiente e o laser para a criação das modelagens, que é utilizado neste estudo.

REFERÊNCIAS

BAUWENS, Sébastien; BARTHOLOMEUS, Harm; CALDERS, Kim; LEJEUNE, Philippe. Forest Inventory with Terrestrial LiDAR: a comparison of static and hand-held mobile laser scanning. *Forests*, Basel, v. 7, n. 12, p. 127, 21 jun. 2016. MDPI AG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/f7060127>.

Comentado [MCL42]: Acho que podes ampliar, considerando a capacidade de sua aplicação em digitalizar os objetos em diferentes cenários.

Comentado [MCL43]: Não entendo que isso seja relevante como fundamentação do trabalho.

Comentado [MCL44]: Aqui deu um exemplo de aplicação. Precisa destacar a tecnologia.

Comentado [MCL45]: Há autores de CG que tratam disso? Penso que vc precisa se basear em estudiosos de Computação e não apenas de aplicação.

Comentado [MCL46]: É isso que precisa explorar e fundamentar.

GIONGO, Marcos; KOEHLER, Henrique Soares; MACHADO, Sebastião do Amaral; KIRCHNER, Flavio Felipe; MARCHETTI, Marco. LiDAR: princípios e aplicações florestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Curitiba, v. 30, n. 63, p. 231-244, 28 out. 2010. Embrapa Florestas. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4336/2010.pfb.30.63.231>.

GONZO, L.; VOLTOLINI, F.; GIRARDI, S.; RIZZI, A.; REMONDINO, F.; EL-HAKIM, S.F. Multiple Techniques Approach to the 3D Virtual Reconstruction of Cultural Heritage. In: **Eurographics Italian Chapter Conference, número do evento em algarismo arábico**, 2007, Trento. **Anais R. De Amicis and G. Conti**. p. 213 – 216. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2312/LocalChapterEvents/ItalChap/ItalianChapConf2007/213-216>.

LOURA, Daniel de Sousa Alves; OLIVEIRA, Yuri de Matos Alves de; RAIMUNDO, Pedro Oliveira; AGÜERO, Karl Philips Apaza. Reconstrução 3D de Objetos com Kinect e Câmera Digital. **Revista Eletrônica de Iniciação Científica em Computação**, Bahia, v. 16, n. 6, p. 1-17, 8 dez. 2018. Sociedade Brasileira de Computação - SB. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5753/reic.2018.1077>.

NASSIF, Felipe de Barros **A Tecnologia LiDAR Aplicada A Medições Eólicas Sobre Corpos Hídricos e Oceano**. 2017. p. 113. Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – UFSC, Florianópolis.

OPEN SOURCE INITIATIVE. **The Open Source Definition (Annotated)**. 2007. Disponível em: <https://opensource.org/osd.html> Acesso em: 20 set 2021.

POLYCAM. **FAQ**. 2021 Disponível em: <https://poly.cam/learn> Acesso em: 20 set 2021.

RIGUES, Rafael. **Snapchat será um dos primeiros apps a usar o Lidar no iPhone 12 Pro**. 2020. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2020/10/14/noticias/snapchat-sera-um-dos-primeiros-apps-a-usar-o-lidar-no-iphone-12-pro/>. Acesso em: 20 set. 2021.

VOGT, Maximilian; RIPS, Adrian; EMMELMANN, Claus. Comparison of iPad Pro®'s LiDAR and TrueDepth Capabilities with an Industrial 3D Scanning Solution. **Technologies**, Basel, v. 9, n. 2, p. 25, 7 abr. 2021. MDPI AG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/technologies9020025>.

Comentado [MCL47]: Caixa alta

Comentado [MCL48]: Não colocou.

Comentado [MCL49]: Incompleto. Consulte a ABNT.

Comentado [MCL50]: Evite fundamentar o trabalho com notícias

FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO BCC – PROFESSOR TCC I

Avaliador(a): **Maurício Capobianco Lopes**

ASPECTOS AVALIADOS ¹		atende	atende parcialmente	não atende
ASPECTOS TÉCNICOS	9. INTRODUÇÃO O tema de pesquisa está devidamente contextualizado/delimitado?			
	O problema está claramente formulado?		x	
	10. OBJETIVOS O objetivo principal está claramente definido e é passível de ser alcançado?		x	
	Os objetivos específicos são coerentes com o objetivo principal?		x	
	11. JUSTIFICATIVA São apresentados argumentos científicos, técnicos ou metodológicos que justificam a proposta?			x
	São apresentadas as contribuições teóricas, práticas ou sociais que justificam a proposta?			x
	12. METODOLOGIA Foram relacionadas todas as etapas necessárias para o desenvolvimento do TCC?		x	
ASPECTOS METODOLÓGICOS	Os métodos, recursos e o cronograma estão devidamente apresentados?	x		
	13. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (atenção para a diferença de conteúdo entre projeto e pré-projeto) Os assuntos apresentados são suficientes e têm relação com o tema do TCC?		x	
	14. LINGUAGEM USADA (redação) O texto completo é coerente e redigido corretamente em língua portuguesa, usando linguagem formal/científica?		x	
	A exposição do assunto é ordenada (as ideias estão bem encadeadas e a linguagem utilizada é clara)?	x		
	15. ORGANIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO GRÁFICA DO TEXTO A organização e apresentação dos capítulos, seções, subseções e parágrafos estão de acordo com o modelo estabelecido?	x		
	16. ILUSTRAÇÕES (figuras, quadros, tabelas) As ilustrações são legíveis e obedecem às normas da ABNT?		x	
	17. REFERÊNCIAS E CITAÇÕES As referências obedecem às normas da ABNT?		x	
	As citações obedecem às normas da ABNT?		x	
	Todos os documentos citados foram referenciados e vice-versa, isto é, as citações e referências são consistentes?	x		

Comentado [MCL51]: Faltou o LiDAR no seu problema.

Comentado [MCL52]: Ver se está correto.

Comentado [MCL53]: Ver observações

Comentado [MCL54]: Não localizei, apesar da discussão com os outros trabalhos ter sido bem construída

Comentado [MCL55]: Idem

Comentado [MCL56]: Ver observações

Comentado [MCL57]: Precisa discutir as tecnologias, suas técnicas, vantagens e limitações, e não apenas as possíveis aplicações

Comentado [MCL58]: Alguns erros apontados no texto.

Comentado [MCL59]: Algumas ilegíveis.

Comentado [MCL60]: Alguns erros apontados no texto.

Comentado [MCL61]: Uma delas com erro.

1.1.2



UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO I
CURSO: CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO - BCC

ATA DA DEFESA: BANCA DO PRÉ-PROJETO

Venho, por meio deste, manifestar minha avaliação sobre a **apresentação** do Pré-Projeto de TCC realizado pelo(a) acadêmico(a), Gabriel Luís Fernando de Souza no **SEGUNDO SEMESTRE DE 2021**, com o título **DESENVOLVIMENTO DE UMA BIBLIOTECA PARA O USO DO SENSOR LIDAR EM DISPOSITIVOS IOS**.

A referida apresentação obteve a seguinte nota:

Componente da Banca	Nota (de 0 a 10)
Professor(a) Orientador(a): Dalton Solano dos Reis	10,0

A apresentação aconteceu em 27/10/ 2021 na sala de reunião virtual do MS-Teams, tendo início às 22:03 hs e foi encerrada às 22:47 hs.

ATENÇÃO. A nota acima se refere somente a apresentação do pré-projeto e vai ser repassada para o aluno (orientando). Favor preencher os campos acima e enviar por e-mail ao professor de TCC1 (dalton@furb.br). Lembro que os arquivos com as anotações das revisões do professor de TCC1 e Avaliador serão enviados para o orientando e professor orientador após o professor de TCC1 receber esta ata preenchida. Caso julgue necessário fazer mais alguma consideração relacionada ao pré-projeto ou a defesa, favor usar o espaço abaixo.

Observações da apresentação: