

Márcio José de Lemos

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO PARA O USO DE  
RECURSOS DE REALIDADE AUMENTADA JUNTO COM  
JOGOS DE XADREZ TRADICIONAL E MODIFICADO**

Dissertação submetida ao Programa de  
Pós-graduação em Tecnologias da  
Informação e Comunicação da  
Universidade Federal de Santa  
Catarina para a obtenção do Grau de  
Mestre em Tecnologias da Informação  
e Comunicação.

Orientadora: Prof.ª Dra. Olga  
Yevseyeva

Coorientadora: Prof.ª Dra. Luciana  
Bolan Frigo

Araranguá

2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do  
Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária  
da UFSC.

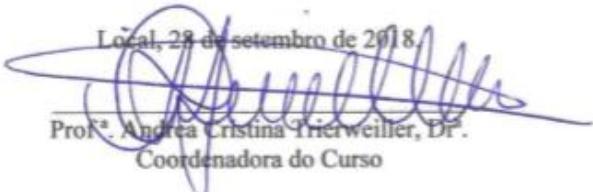
de Lemos, Marcio José DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO PARA O USO DE RECURSOS DE REALIDADE AUMENTADA JUNTO COM JOGOS DE XADREZ TRADICIONAL E MODIFICADO / Márcio José de Lemos; orientadora, Olga Yevseyeva, coorientadora, Luciana Bolan Frigo, 2018. 159 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação, Araranguá, 2018. Inclui referências. 1. Tecnologias da Informação e Comunicação. 2. Realidade Aumentada. Jogo de xadrez. Modelagem Tridimensional. I. Yevseyeva, Olga. II. Frigo, Luciana Bolan. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação. IV. Título.

Márcio José de Lemos

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO PARA O USO DE  
RECURSOS DE REALIDADE AUMENTADA JUNTO COM  
JOGOS DE XADREZ TRADICIONAL E MODIFICADO**

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Tecnologias da Informação e Comunicação”, e aprovada em sua forma final pelo programa Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação – PPGTIC.

Local, 28 de setembro de 2018.

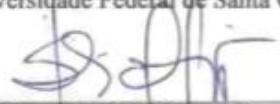


Prof.ª Andrea Cristina Frierweiler, Dr.ª.  
Coordenadora do Curso

**Banca Examinadora:**



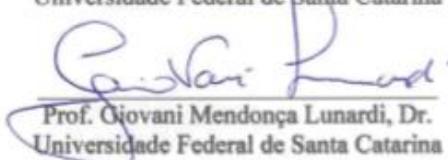
Prof.ª. Luciana Bolan Frigo, Dr.ª.  
Coorientadora  
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof.ª. Analúcia Schiaffino Morales, Dr.ª.  
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof.ª. Eliane Pozzebon, Dr.ª.  
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Giovanni Mendonça Lunardi, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho ao meu pai  
Adalirio Lopes de Lemos e a minha  
esposa Deise do Amaral Tyska pelo  
apoio incondicional.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por tudo que tem me proporcionado e à minha família, por todo o carinho e cuidado ao longo da minha vida.

Agradeço às minhas orientadoras Dra. Olga Yevseyeva e Dra. Luciana Bolan Frigo pela excelente orientação que tive, pela sua amizade e confiança.

Ao amigo professor Eduardo Jablonski pelas suas contribuições neste trabalho.

Ao amigo Alexandre de Matos pelo apoio, conversas e contribuições no trabalho.

A minha esposa Deise do Amaral Tyska pela força, apoio e confiança a mim depositados.

E por fim, mas não menos importante, a todos que de alguma forma contribuíram com essa pesquisa serei eternamente grato.

## RESUMO

Diante dos novos desafios proporcionados com a popularização das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e dos dispositivos móveis: *smartphones* e *tablets*, é preciso buscar soluções para deixar as aulas de Física mais atraentes para os alunos acostumados com esta nova realidade. A Realidade Aumentada (RA) proporciona um acréscimo de informações visuais, de forma digital, sobre aquilo que seus usuários estão vendo no mundo real. Esta característica demonstra um grande potencial para o ensino. Neste trabalho analisaram-se as ferramentas de modelos tridimensionais com base em requisitos técnicos criados para esta pesquisa. Diante da escolha das melhores ferramentas, desenvolveram-se modelos em 3D de tabuleiro de xadrez, aplicando os recursos de RA para dispositivos móveis nos sistemas *Android* e *iOs*. Criou-se um protótipo de jogo de xadrez modificado em que foi empregado para o ensino de física. Ao final realizou-se a aplicação de um questionário *online*. Os resultados da pesquisa foram positivos e demonstraram que o protótipo desenvolvido com jogo de xadrez modificado e RA contribuiu para que os participantes pudessem fixar os conceitos físicos apresentados e ainda proporcionou uma maior autonomia para os alunos. Não foram identificados empecilhos técnicos nos aparelhos dos participantes ao fazer uso dos recursos do protótipo.

**Palavras-chave:** Realidade Aumentada 1. Jogo de xadrez 2. Modelagem Tridimensional 3.

## ABSTRACT

Faced with the new challenges offered by the popularization of Information and Communication Technologies (ICT) and mobile devices: *smartphones* and tablets, solutions must be sought to make physics classes more attractive to students who are accustomed to this new reality. *Augmented Reality* (AR) provides an increase in visual information, digitally, of what your users are seeing in the real world. This feature demonstrates great potential for teaching. In this work the tools of three-dimensional models were analyzed based on technical requirements created for this research. Faced with the choice of the best tools has been developed 3D chessboard models applying the features of RA for mobile devices in *Android* and *iOs* systems. A modified chess game prototype was created where it was used for physics teaching. At the end, an *online* questionnaire was applied. The results of the research were positive and showed that the prototype developed with modified chess set and RA contributed to the participants being able to fix the presented physical concepts and also provided a greater autonomy for the students. No technical impediments were identified in the participants' devices when making use of the features of the prototype.

**Keywords:** *Augmented Reality* 1. Chess game 2. Three-dimensional modeling 3.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Phantasmagoria Etienne-Gaspard Robert – séc. XVIII. ....	25
Figura 2-Fantasma de Pepper. ....	26
Figura 3-Fantasma de Pepper cor. ....	26
Figura 4-Fantasma de Pepper palco. ....	27
Figura 5- A espada de Dâmocles Ivan Sutherland. ....	28
Figura 6- Sistema Karma em Realidade de Aumentada. ....	29
Figura 7- QR Code e Código de barras. ....	30
Figura 8-RA colaborativa Schmalstieg. ....	30
Figura 9- Steven Feiner usando o Touring Machine. ....	31
Figura 10- Google Glasses. ....	33
Figura 11- Google Glasses. ....	33
Figura 12- ARCode Google. ....	34
Figura 13- ARKit Apple. ....	34
Figura 14- Inventor in the field of virtual reality Sensorama Machine. ....	37
Figura 15 - Telesphere Mask Patent. ....	37
Figura 16- Headsight, de 1961. ....	38
Figura 17- Ivan Sutherland on MIT Lincoln Labs' TX-2 computer. ....	39
Figura 18- sketchpad-solid-modeling. ....	39
Figura 19- Kinect. ....	42
Figura 20- Oculus Rift. ....	43
Figura 21- Visualizador para Google Cardboard. ....	43
Figura 22- Daydream. ....	44
Figura 23- Diagrama de Milgram adaptado. ....	45
Figura 24- HoloLens. ....	46
Figura 25- Google Trends. ....	47
Figura 26- Google Trends interesse por região nos últimos 5 anos. ....	48
Figura 27- Shatranj (xadrez islâmico), c.700 d.C. ....	51
Figura 28- Posição inicial das peças no tabuleiro de xadrez clássico. ....	55
Figura 29- Peão movimento. ....	55
Figura 30- Cavalo movimento. ....	56
Figura 31- Bispo movimento. ....	56
Figura 32- Torre movimento. ....	57
Figura 33- Dama movimento. ....	57

Figura 34- Rei movimento. ....	58
Figura 35- Movimento Roque Grande e Roque Pequeno.....	58
Figura 36- Movimento En Passant. ....	60
Figura 37- Tela do Sketchup e modelo 3D.....	70
Figura 38- Tela do Blender. ....	71
Figura 39- Tela do 3Ds Max. ....	73
Figura 40- Tela do Cinema 4D.....	74
Figura 41- Tela Form Z pro.....	75
Figura 42- Strata Design Suite. ....	76
Figura 43 - Base branca 3D do tabuleiro de Xadrez. ....	89
Figura 44- Casas no tabuleiro de Xadrez. ....	89
Figura 45- Tabuleiro de Xadrez 3D. ....	90
Figura 46- Peças peão tabuleiro de Xadrez 3D. ....	91
Figura 47 - Peças principal tabuleiro de Xadrez 3D.....	91
Figura 48 - Tabuleiro de Xadrez 3D completo.....	92
Figura 49- Tabuleiro de Xadrez 3D modelo final. ....	93
Figura 50- Menu Render Settings opção Output.....	94
Figura 51- Menu Render Settings opção Save. ....	94
Figura 52- Menu Timer line para animação de cena.....	96
Figura 53- <i>Software</i> com suporte a plugin <i>Augment</i> . ....	98
Figura 54 - Plataforma <i>Augment</i> . ....	99
Figura 55- Trackers Caneta 3D coroa. ....	100
Figura 56- Trackers Caneta 3D cavalo.....	100
Figura 57- Trackers. ....	101
Figura 58- Plataforma <i>Augment</i> . ....	102
Figura 59- <i>Facebook</i> . ....	103
Figura 60- <i>Twitter</i> . ....	103
Figura 61- Get Button <i>Augment</i> . ....	104
Figura 62- App <i>Augment</i> . ....	105
Figura 63- App início. ....	106
Figura 64- App education.....	106
Figura 65- App xadrez.....	106
Figura 66- App xadrez entropia.....	106
Figura 67 - Tabuleiro xadrez 3D. ....	108
Figura 68- App compartilhamento. ....	108

Figura 69- App <i>Augment</i> RA. ....	109
Figura 70- App xadrez 3D RA. ....	109
Figura 71- App RA xadrez 3D. ....	109
Figura 72- RA xadrez 3D. ....	109
Figura 73- Trackers físico coroa. ....	110
Figura 74- Trackers digital coroa. ....	110
Figura 75- Leitura Trackers digital. ....	111
Figura 76- Trackers digital cavalo.....	111
Figura 77- Leitura Trackers físico.....	111
Figura 78- Perfil dos participantes <i>workshop</i> 2.....	121
Figura 79- Jogo <i>workshop</i> 2.....	122
Figura 80- Perfil Tecnológico participantes <i>workshop</i> 2.....	126
Figura 81- Perfil dos participantes <i>workshop</i> 3.....	130
Figura 82– Jogo <i>workshop</i> 3. ....	131
Figura 83– Perfil Tecnológico <i>workshop</i> 3. ....	134

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Busca nas base de dados (IEEE), 2018. ....	81
Quadro 2- Requisitos Técnicos. ....	84
Quadro 3- Primeira aplicação da pesquisa, 1° SLAT JOGOS. ....	114
Quadro 4- Segunda aplicação da pesquisa. ....	119
Quadro 5- Terceira aplicação da pesquisa. ....	128

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1- Pesquisa no Google Trends RA e RV últimos 60 meses. ....	48
Gráfico 2- Google Trends de 2017 até 2018 RA e RV no mundo. ....	49
Gráfico 3- Google Trends comparando RA e RV no Brasil nos últimos 12 meses. ....	49
Gráfico 4- Avalie o grau de dificuldade na utilização dos recursos técnicos RA. ....	116

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D- Duas Dimensões

3D- Três Dimensões

ADSL -*Asymmetric Digital Subscriber Line*

App- *Application*

AR -*Augmented Reality*

ARPA- *Advanced Research Projects Agency*

Bit -*Binary Digit*

C4D-*Cinema 4D Arquivo Modelo*

CAD -Projeto Baseado em Computador

ClassInd - Classificação Indicativa.

CRM- *Customer Relationship Management*

CRT- *Cathode Ray Tube*

DAE-*Collaborative Design Activity*

DPI- Dots Pers Inch

EUA- Estados Unidos da América

FBX- *film Box*

FIDE- *World Chess Federation*

GIF-*Graphics Interchange Format*

GNU- *General Public License*

GPL- *General Public License*

GPS- *Global Positioning System*

GUI -Interface Gráfica do Usuário

HTML- *Hyper Text Markup Language*

HMD -*Head-Mounted Display*

IA-*Inteligência Artificial*

ICT-*Information and Communication Technologies*

IDE- *Integrated Development Environment*  
IEEE- Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos  
IFRS-Instituto Federal do Rio Grande do Sul  
IGU-Interface Gráfica do Usuário  
IHC -Interação Humano-Computador  
iOS -*iPhone Operating System*  
LCD-*Liquid Crystal Display*  
Mac-*Macintosh Operating System*  
MB- *MEGABYTE*  
MIT -*Massachusetts Institute of Technology*  
NaN- *Not a Number*  
NASA- *National Aeronautics and Space Administration*  
NMC- *New Media Consortium*  
OBJ-*Object File Wavefront 3D*  
PBC- Projeto Baseado em Computador  
PC -*Personal Computer*  
POO- Programação Orientada a Objetos  
PPGTIC -Programa Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação  
QR Code- *Quick Response*  
RA - Realidade Aumentada  
RV- Realidade Virtual  
SDK-*Software Developers Kit*  
SLAT JOGOS-Simpósio Latino-Americano de Jogos  
TIC - Tecnologias da Informação e Comunicação  
TIFF-*Tagged Image File Format*  
UFSC- Universidade Federal de Santa Catarina

*UWP- Universal Windows Plataforma*

*VPL-Virtual Programming Languages*

*VR -Virtual Reality*

*WiFi-Wireless Fidelity*

*WWW-World Wide We*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>19</b>
1.2 JUSTIFICATIVA.....	19
<b>1.3 PROBLEMA.....</b>	<b>20</b>
<b>1.4 OBJETIVOS.....</b>	<b>20</b>
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	20
<b>1.5 ADERÊNCIA COM O PPGTIC E A LINHA DE PESQUISA. 21</b>	
<b>1.6 METODOLOGIA ADOTADA .....</b>	<b>21</b>
<b>1.7 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....</b>	<b>23</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>24</b>
2.1 CONCEITO DE REALIDADE AUMENTADA .....	24
2.1.1 BREVE HISTÓRICO DA RA.....	25
2.2 CONCEITO DE REALIDADE VIRTUAL .....	35
2.3 REALIDADE MISTURADA: DIAGRAMA DE MILGRAM..	45
2.4 RELATÓRIO DO GOOGLE <i>TRENDS</i> PARA RA E RV .....	46
2.5 JOGO DE XADREZ E SUAS APLICAÇÕES .....	50
2.5.1 LEIS DO XADREZ PARA O MOVIMENTO DAS PEÇAS .	54
2.5.2 BENEFÍCIOS DO JOGO DE XADREZ.....	60
2.5.3 JOGO DE XADREZ MODIFICADO .....	63
2.5.4 JOGO DE XADREZ GRAVIDADE.....	65
2.5.5 JOGO DE XADREZ CONSERVAÇÃO DA ENERGIA.....	65
2.5.6 JOGO DE XADREZ ENTROPIA .....	66
2.6 <i>SOFTWARES</i> PARA O DESENVOLVIMENTO DE MODELOS EM 3D E REALIDADE AUMENTADA.....	67
2.6.1 PLATAFORMA <i>AUGMENT</i> .....	67
2.6.2 <i>SOFTWARE</i> SKETCHUP DE MODELOS 3D .....	69
2.6.3 <i>SOFTWARE</i> 3D BLENDER.....	70

<b>2.6.4 SOFTWARE 3D STUDIO MAX .....</b>	<b>71</b>
<b>2.6.5 SOFTWARE CINEMA 4D.....</b>	<b>73</b>
<b>2.6.6 SOFTWARE FORMZ .....</b>	<b>75</b>
<b>2.6.7 SOFTWARE STRATA 3D .....</b>	<b>76</b>
<b>2.7 SOFTWARES QUE PERMITEM TRABALHAR COM RA E RV .....</b>	<b>77</b>
<b>2.7.1 UNITY.....</b>	<b>77</b>
<b>2.7.1.1 UNITY RA, VIRTUAL E MISTA .....</b>	<b>77</b>
<b>2.7.3 UNREAL RA E RV .....</b>	<b>80</b>
<b>2.8 OUTROS SOFTWARES QUE PERMITEM DESENVOLVER RA E RV.....</b>	<b>80</b>
<b>2.9 TRABALHOS RELACIONADOS .....</b>	<b>81</b>
<b>3 ELABORAÇÃO DO PROJETO .....</b>	<b>84</b>
<b>3.2 SKETCHUP.....</b>	<b>84</b>
<b>3.3 UNREAL ENGINE .....</b>	<b>85</b>
<b>3.4 UNITY ENGINE .....</b>	<b>86</b>
<b>3.5 CINEMA 4D .....</b>	<b>87</b>
<b>3.5.1 MODELAGEM DO TABULEIRO .....</b>	<b>88</b>
<b>3.5.2 MOVIMENTAÇÃO DAS PEÇAS NO TABULEIRO .....</b>	<b>93</b>
<b>3.6 IMPLEMENTAÇÃO DOS RECURSOS DE RA .....</b>	<b>96</b>
<b>3.7 VISÃO DO USUÁRIO.....</b>	<b>102</b>
<b>4 APLICAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>113</b>
<b>4.1 PRIMEIRA APLICAÇÃO .....</b>	<b>113</b>
<b>4.2 SEGUNDA APLICAÇÃO .....</b>	<b>118</b>
<b>4.3 TERCEIRA APLICAÇÃO.....</b>	<b>128</b>
<b>4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>136</b>

<b>5 CONCUÇÃO.....</b>	<b>137</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>140</b>
<b>APÊNDICE A: MANUAL DE INSTALAÇÃO DO APP <i>AUGMENT</i> <i>PARA ANDROID</i> .....</b>	<b>153</b>
<b>ANEXO A: E-MAIL <i>AUGMENT</i> MODELO DE XADREZ MAGNÉTICO 39 .....</b>	<b>158</b>
<b>ANEXO B: E-MAIL <i>AUGMENT</i> MODELO DE XADREZ MAGNÉTICO 40 .....</b>	<b>159</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o avanço das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) proporcionaram uma série de avanços tecnológicos importantes, entre eles pode-se destacar a popularização dos dispositivos móveis. Estes aparelhos são compactos e dispõem de recursos computacionais adequados para as atividades que se propõem a realizar.

O desenvolvimento de ferramentas tecnológicas específicas para os dispositivos móveis vem ao encontro da necessidade de oferecer uma educação mais voltada para as pessoas acostumadas a utilizar a tecnologia em seu dia a dia. Os dispositivos móveis atuais incorporam uma série de tecnologias e um tamanho tão compacto que há 50 anos seria difícil de imaginar tantos recursos diferentes funcionando de forma adequada, sincronizada, processando, enviando e recebendo informações.

As tecnologias incorporadas a estes dispositivos são diversas, entre elas podemos destacar: a filmadora, câmera digital, gravador de voz, navegador web, GPS (*Global Positioning System*), bússola, entre outros recursos através de App (*Application*) e internet compatíveis com a tecnologia de Realidade Aumentada (RA).

Pela própria experiência, percebemos que está faltando o uso desses recursos tecnológicos na sala de aula. Um destes recursos que pode tornar as atividades da sala de aula mais atraentes para os alunos é a Realidade Aumentada.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A presente pesquisa justifica-se por meio da busca das contribuições inerentes da Realidade Aumentada (RA), usada através de dispositivos móveis. Para tal, desenvolveu-se um protótipo de jogos de xadrez 3D que atendessem a essa demanda, somando às suas vantagens e desvantagens de uso.

A tecnologia de RA pode ser uma ferramenta para o ensino, qualificando-o, uma vez que permite ao usuário a visualização de objetos animados em 3D e objetos físicos, assim, os usuários podem interagir com objetos virtuais no mundo real, acrescentando-lhe novas informações. O estudo com objetivo de aplicar a RA no ensino de Física e outras disciplinas visa contribuir para o aprimoramento do conhecimento de estudantes.

### 1.3 PROBLEMA

Os nativos digitais estão adaptados às tecnologias, mas nem sempre os recursos educacionais acompanham a evolução das tecnologias disponíveis. Para Palfrey (2011), os “nativos” digitais são crianças, adolescentes e jovens adultos que nasceram a partir da década de 80 e que sempre conviveram com o mundo informatizado.

Diante disto, se faz necessário pensar em propostas de ensino que contemplem a teoria junto às tecnologias. Dessa forma, pensou-se na possibilidade do uso da realidade aumentada junto ao jogo de xadrez, que é uma ferramenta tradicional e que ajuda a desenvolver o raciocínio lógico e ainda possui versões modificadas que permitem ilustrar os conceitos de Física. Neste ínterim, pretende-se fazer o uso dos recursos de RA aplicada ao jogo de xadrez. Para tanto, foi desenvolvido um protótipo para ser usado com a RA e testado juntos aos sujeitos.

Levando os apontamentos acima em consideração, o problema da pesquisa é:

Verificar as vantagens e desvantagens do uso dos recursos de RA aplicada ao jogo de xadrez tradicional e modificado.

### 1.4 OBJETIVOS

Esta seção apresenta o objetivo geral e os específicos desta dissertação.

#### 1.4.1 OBJETIVO GERAL

Investigar as contribuições do desenvolvimento e aplicação da tecnologia envolvendo Realidade Aumentada, visando tornar mais atrativa a aprendizagem de conceitos de física evidenciados em jogos de xadrez.

#### 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Pesquisar as ferramentas mais utilizadas atualmente no processo de modelagem tridimensional com RA para dispositivos móveis;  
Estabelecer requisitos técnicos para a seleção das ferramentas de desenvolvimento;

Desenvolver um protótipo funcional com modelos em 3D de tabuleiro de xadrez que funcione usando recursos de RA;

Desenvolver um manual didático para instalação e configuração e uso do protótipo;

Coletar dados e analisar os resultados obtidos após a aplicação da pesquisa.

## 1.5 ADERÊNCIA COM O PPGTIC E A LINHA DE PESQUISA

O Programa de Pós-Graduação em Tecnologia da Informação e Comunicação, localizado no Campus Araranguá da Universidade Federal de Santa Catarina, é um programa Interdisciplinar e possui uma área de concentração em Tecnologia e Inovação, a qual divide-se em três linhas de pesquisa: Tecnologia Educacional, Tecnologia Computacional e Tecnologia, Gestão e Inovação. (PPGTIC, 2018).

Esta dissertação está contida na linha de pesquisa Tecnologia Computacional e Tecnologia Educacional também, pois consiste no desenvolvimento de um protótipo de modelos tridimensionais com RA para dispositivos móveis, usando técnicas e ferramentas computacionais para o auxílio na compreensão dos conceitos de Física, utilizando jogos de xadrez modificados e o tradicional. Desta maneira vai ao encontro dos objetivos da linha de pesquisa Tecnologia Computacional que busca auxiliar na resolução de problemas de natureza interdisciplinar, procurando desenvolver novas tecnologias para aplicação nas áreas de educação e gestão. Além disso, este trabalho é inédito no PPGTIC.

## 1.6 METODOLOGIA ADOTADA

Nesta seção é descrita a metodologia utilizada nesta pesquisa, para sustentar o objetivo proposto, foi realizado uma pesquisa bibliográfica. Segundo Gil (2002, p.44), a pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em materiais já elaborados, construídos principalmente de livros e artigos científicos.

Conforme Gil (2010, p.25), a tendência à classificação é uma característica da racionalidade humana. Ela possibilita melhor organização dos fatos e conseqüentemente o seu entendimento melhor. Em outro momento na mesma obra, o autor afirma que o “objetivo é proporcionar respostas aos problemas que são propostos”.

A pesquisa descrita nesta dissertação, quanto à natureza, se apresenta como uma pesquisa aplicada, segundo Silva e Menezes (2001,

p. 20), “pois tem por objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigidos à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais”. Os objetivos apresentados neste trabalho são norteados em solucionar um problema real, verificar as vantagens e desvantagens do uso dos recursos de RA aplicada ao jogo de xadrez tradicional e modificado.

Tabela 1- Aspectos e classificação da pesquisa.

Aspectos	Classificação
Natureza	Pesquisa aplicada
Abordagem do problema	Pesquisa qualitativa e quantitativa
Objetivos	Pesquisa exploratória
Procedimentos técnicos	Pesquisa bibliográfica; Modelagem 3D; Desenvolvimento do protótipo; Aplicação do questionário; Análise da coleta dos dados.

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em Silva e Menezes (2005) e Gil (2010).

No que concerne à abordagem do problema, a pesquisa torna-se qualitativa, uma vez que possui resultados dissertativos. De acordo com (Silva; Menezes 2005, p. 20), “uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objeto e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em número. Outra abordagem trabalhada é a pesquisa quantitativa, (PRODANOV e FREITAS, 2013, p. 69) considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. Requer o uso de recursos e de técnicas estatísticas (percentagem, média, moda, mediana, desvio-padrão, coeficiente de correlação, análise de regressão etc.).

Quanto aos objetivos da pesquisa, trata-se de uma pesquisa exploratória. Segundo Gil (2009), esta pesquisa tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. Prodanov e Freitas (2013) concordam com este ponto e explicam que este tipo de pesquisa proporciona mais informações sobre o assunto investigado, colaborando para fixação dos objetos e a formulação das hipóteses.

A pesquisa será através da aplicação do protótipo e um questionário de caráter qualitativo e quantitativo, composto de questões descritivas e objetivas com uma escala Likert contendo seis classificações. Pretende-se realizar a pesquisa no 1º SLAT JOGOS (Simpósio Latino-Americano de Jogos) com participantes de um *Workshop* que será aberto ao público. A segunda aplicação será com estudantes da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) e a terceira aplicação será com estudantes do IFRS (Instituto Federal do Rio Grande do Sul).

## 1.7 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

No capítulo 1 é realizada uma introdução, apresentando a contextualização, o problema da pesquisa, objetivo geral e os objetivos específicos, a sua aderência ao programa PPGTIC, em relação à linha de pesquisa, a metodologia adotada e por fim a organização do trabalho.

O capítulo 2 traz o referencial teórico utilizado no trabalho, os quais são apresentados, o conceito de RA; breve histórico da realidade aumentada; conceitos de realidade virtual; realidade misturada: diagrama de Milgram; um relatório de Pesquisa do *Google Trends* comparando as buscas por Realidade Aumentada e Realidade Virtual nos últimos 12 meses no Brasil e nos últimos 60 meses no mundo. Ainda neste capítulo é apresentado o jogo de xadrez e suas aplicações; leis do xadrez para o movimento das peças; benefícios do jogo de xadrez; jogos de xadrez modificados; jogo de xadrez Gravidade; jogo de xadrez conservação da energia; jogo de xadrez entropia. É apresentada uma pesquisa detalhada com os *softwares* para o desenvolvimento de modelos em 3D com RA e também foram pesquisados outros *softwares* que permitem trabalhar com a RA e RV.

O capítulo três abrange a elaboração do protótipo em que é feita a comparação da modelagem dos tabuleiros de xadrez em 3D nos programas de modelagem 3D: Sketchup, Unreal, Unity e Cinema 4D. A partir destes, é realizada a seleção do programa e apresentados os detalhes da modelagem dos tabuleiros, o movimento das peças, a implementação dos recursos de RA, a visão do usuário e os motivos que levaram o autor a optar pelo Cinema 4D no desenvolvimento do protótipo em 3D com RA.

O capítulo quatro abrange a aplicação da pesquisa nos três *workshops* realizados, explanando a análise dos resultados. Descrevem-se também os procedimentos metodológicos, bem como a análise dos respectivos percentuais dos dados obtidos. Comparando as informações

coletadas durante a primeira, segunda e terceira aplicação da pesquisa. Analisam-se, da mesma forma, os comentários escritos dos participantes da pesquisa.

No capítulo cinco, são descritas as considerações finais desta pesquisa, as contribuições desta e sugestões para trabalhos futuros.

Ao final desta dissertação, são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas, os anexos e apêndices.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, serão apresentados os referenciais teóricos que embasaram o desenvolvimento desta pesquisa. Para melhor entendimento dos conceitos utilizados, este capítulo foi dividido em subcapítulos.

Para dar continuidade ao projeto de desenvolvimento do protótipo em 3D e jogos de xadrez, deparou-se com a necessidade de buscar materiais em *sites* confiáveis da internet e de empresas que oferecem *softwares* para modelagem 3D, porque muitos desses assuntos são novos e não eram abordados nos artigos científicos disponíveis. O problema se deu devido à falta de materiais técnicos em consonância com o atual cenário tecnológico. Existem muitas ferramentas eficientes para modelagem em 3D de jogos e para entretenimento que não são descritas em grande parte dos trabalhos acadêmicos que abordam o tema RA, e xadrez, quando há, menciona apenas o nome de algumas ferramentas.

Em virtude da necessidade de material técnico, foram realizadas outras buscas complementares na internet para poder trazer o que há de mais moderno na modelagem em 3D para dispositivos móveis com RA que atenda às necessidades do problema de pesquisa.

### 2.1 CONCEITO DE REALIDADE AUMENTADA

A Realidade Aumentada (RA) é definida usualmente como a sobreposição de objetos virtuais tridimensionais, gerados por computador, com um ambiente real, por meio de algum dispositivo tecnológico (MILGRAN, 1994). Mas, antes de definir Realidade Aumentada, é necessário explicar o contexto em que ela se encontra, que é o da Realidade Misturada, pois RA nada mais é do que um tipo de Realidade Misturada (ZORZAL et al, 2005). A RA é uma ferramenta midiática tecnológica multidisciplinar que, quando empregada de forma adequada em contexto pedagógico, pode gerar aprendizado significativo para professores e alunos.

Ainda KIRNER (2011, p.16) afirma que: Realidade Aumentada pode ser definida como o enriquecimento do mundo real com informações virtuais (imagens dinâmicas, sons espaciais, sensações hápticas) geradas por computador em tempo real e devidamente posicionadas no espaço 3D, percebidas através de dispositivos tecnológicos.

### 2.1.1 BREVE HISTÓRICO DA RA

O conceito de RA já era explorado em espetáculos de entretenimento no século XVIII, Tori (2015), através de luz de vela, que projetava ilustrações na parte de trás de uma tela grande, a qual ficava na frente do público que assistia ao espetáculo. Existem relatos históricos que algumas pessoas que assistiam a estes espetáculos ficavam realmente assustadas. Este espetáculo atraía um grande público por onde passava.

Figura 1- Phantasmagoria Etienne-Gaspard Robert – séc. XVIII.

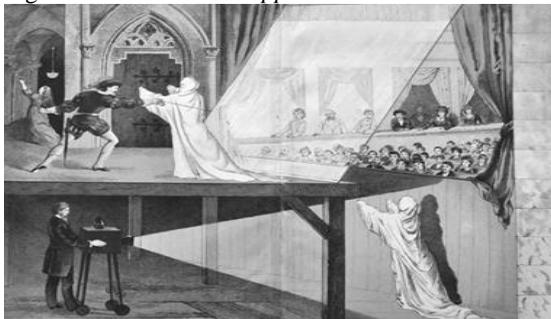


Fonte: <https://goo.gl/f7oppH>

Uma produção de Noite de Natal do "*The Haunted Man*", de Dickens, no *Royal Polytechnic Institute de Londres* em 1862 apresentou figuras holográficas refletidas no palco (figuras 2, 3 e 4), interagindo com atores de carne e osso. (Shubert, 2013, p.1, tradução nossa).

Esta apresentação utilizava técnica de ilusão usada em teatros e casas assombradas, através de placas de vidro, plexíglas ou filmes plásticos e técnica especial de iluminação, é possível fazer com que objetos apareçam, desapareçam, apresentando um efeito de transparência, ou fazer um objeto se transformar em outro. Esta técnica de ilusão é creditada a John Henry Pepper, que, com suas apresentações, ficou muito conhecido.

Figura 2-*Fantasma de Pepper*.



Fonte: [http://payload58.cargocollective.com/1/7/246337/3479228/peppers-ghost2\\_920.jpg](http://payload58.cargocollective.com/1/7/246337/3479228/peppers-ghost2_920.jpg)

Figura 3-*Fantasma de Pepper cor*.



Fonte: <https://goo.gl/4yvw55>



Figura 5- A espada de Dâmocles Ivan Sutherland.



Fonte: <https://goo.gl/4aw5bq>

A figura cinco mostra a Espada de Dâmocles (*Sword of Damocles*) e Sutherland. A história se baseia em uma anedota moral em que Dionísio ordenou que fosse pendurada uma espada por um fio de rabo de cavalo sobre a cabeça de Dâmocles.

A espada de Dâmocles desenvolvida por Sutherland é um aparato grande e ficava preso no teto, bem acima da cabeça do usuário. Era constituído por um capacete mecânico e um rastreador, e, assim, a tecnologia começava a dar os primeiros passos na telepresença. O capacete estava ligado a câmeras que interpretavam e obedeciam aos movimentos do usuário.

Para Fialho (2018), a máquina de Ivan Sutherland foi projetada para imergir o espectador em um ambiente 3D simulado. Wazlawick (2016) contrapõe este ponto de vista dizendo que a Espada de Dâmocles era considerada como Realidade Aumentada, porque os visores oculares eram parcialmente transparentes, permitindo ao usuário continuar vendo o mundo real, enquanto via também as imagens geradas pelo computador mescladas a ele.

Para (Kirner 2008, p.29) capacete interativo por vídeo, criado pelos engenheiros da Philco, juntamente com o capacete interativo por computação gráfica de Sutherland, ambos rastreáveis, estabeleceram as bases da Realidade Aumentada. Depois de décadas, o vídeo, rastreamento e computação gráfica integrados, interagindo em tempo real, permitiriam o desenvolvimento de aplicações de Realidade Aumentada.

O termo Realidade Aumentada é atribuído ao professor Thomas Caudell, que cunhou este termo em 1990, quando trabalhou na empresa de aviões Boeing. Thomas usou um *Head-Mounted Display (HMD)* com um sistema de RA que se encaixava na cabeça dos trabalhadores e servia como um dispositivo que orientava a montagem de feixes de fios nas aeronaves, pois os manuais escritos tomavam muito tempo para sua consulta e execução do trabalho.

A Força Aérea Americana, em 1981, desenvolveu o simulador *Super Cockpit*, um dos primeiros projetos de RA com investimento de milhões de dólares. Eles criaram um *display Cathode Ray Tube (CRT)* acoplado ao capacete com informações sobre o avião e seus mísseis, esta tecnologia se desenvolveu e vem sendo usada largamente até hoje na aviação militar.

Em 1986, a *National Aeronautics and Space Administration (NASA)* desenvolveu um sistema capaz de manipular objetos virtuais diretamente através do movimento das mãos e capaz de obedecer a comando por voz. A partir de 1986, muitas outras empresas de tecnologias espalhadas pelo mundo começaram a desenvolver aparelhos e *softwares* para o uso e implementação de RA, gerando um grande avanço tecnológico em diversas áreas da computação.

O Sistema *Karma*, em 1993, de RA foi desenvolvido por Steven Feiner, Blair MacIntyre, e Doree Seligmann na *Columbia University*. Este feito foi um marco tecnológico muito importante, porque este sistema é capaz de mostrar, de forma automática, para seus usuários (operadores) sequências de instruções adequadas para procedimentos técnicos de reparo e manutenção em impressoras.

Figura 6- SistemaKarma em Realidade de Aumentada.



Fonte: <https://goo.gl/JqpkM5>

Em 1994, foi desenvolvido o código *Quick Response (QR Code)*, que é um símbolo bidimensional, ele foi criado pela empresa Japonesa

Denso Wave, uma filial da Toyota. O objetivo era controlar o processo de produção, acelerando a logística. Como o código *QR Code* pode conter informações tanto na vertical, quanto na horizontal, isto proporciona uma rápida leitura. Em comparação com os códigos de barras tradicionais, o *QR Code* tem uma capacidade de armazenamento de dados centenas de vezes maior.

Figura 7- *QR Code* e *Código de barras*.



Fonte: <https://goo.gl/FzhA7j>

Em 1996, surgiu o primeiro Sistema de RA colaborativo chamado *Sschmalstieg*. Esta invenção permitiu que vários usuários interagissem com objetos virtuais em seu espaço compartilhado. Cada usuário possui um *Head-Mounted Display* (HMD) de rastreamento que permite ver a imagem correta de um objeto virtual a partir do seu ponto de vista.

Figura 8-RA colaborativa *Schmalstieg*.



Fonte: <https://goo.gl/sqzdWz>

Em 1997, Steven Feiner desenvolveu o *Touring Machine*, o primeiro sistema móvel de Realidade Aumentada. O sistema era

composto por um óculo display, um rastreador integrado a ele, uma mochila com um computador, um *Global Positioning System (GPS)* e rádio digital, ambos conectados à internet por meio de *Wireless*, rede sem fio, e um computador de mão, este com função e interface *touchpad*. Este sistema foi pioneiro no uso de RA em ambientes externos.

Figura 9- Steven Feiner usando o *Touring Machine*.



Fonte: <https://goo.gl/ByFQDL>

Até 1999, nenhum *software* específico para o desenvolvimento de RA foi disponibilizado fora de laboratórios especializados. A mudança aconteceu quando Kato e Billinghurst lançaram o *ARtoolkit*, uma plataforma de código aberto específica para o desenvolvimento de RA. O *software* tem uma vasta biblioteca para o rastreamento em 3D usando marcadores pretos, eles podem ser produzidos com auxílio de uma impressora. O *software* também oferece suporte para *webcams*, para que estas façam a leitura dos marcadores, o que acabou por tornar o *software* muito popular por entusiastas e pesquisadores.

Em 2000, foi lançado no mercado pela empresa americana *Last Softwar* o programa *SketchUP* de conteúdo específico para o desenvolvimento de arquivos em 3D. Em 2006 a empresa foi comprada pela gigante da tecnologia Google, que montou um dos maiores repositórios de arquivos em 3D gratuitos do mundo, compatível com várias plataformas de desenvolvimento de objetos modelados em 3D. O portal <https://3dwarehouse.sketchup.com/> é dividido por categorias, e qualquer usuário pode, através de um cadastro, disponibilizar suas criações de forma livre e segura para outros usuários.

Depois dos anos 2000, os telefones celulares ganharam muitas funções novas, passando a trabalhar de forma similar a um computador. Em 2003, Wagner e Schmalstieg desenvolveram o primeiro sistema de Realidade Aumentada portátil para celulares. Os celulares começam a

engatinhar para o futuro promissor dos *Smartphones* (celulares inteligentes).

Diante desta nova realidade, percebe-se que cada vez mais a tecnologia de RA vem sendo empregada em dispositivos móveis e não mais vinculada exclusivamente aos HMD. Azuma (1997, p. 02, tradução nossa) define que, para evitar que a Realidade Aumentada fique limitada a uma tecnologia específica como o uso de HMD, ela deve ser composta por três características básicas:

- 1) Combinar real e virtual;
- 2) Ser interativa em tempo real;
- 3) Ser registrada em três dimensões.

A definição de Azuma melhorou a compreensão do sistema de RA, desvinculando-a de uma tecnologia específica, já que, nesta época, alguns pesquisadores a definiram como uma tecnologia que necessitava de um HMD para sua exibição.

No Relatório *NMC-Horizon-Report* de 2004, a RA é citada como uma tecnologia que está convergindo de maneira inovadora. Na versão *NMC-Horizon-Report* de 2005, ela ganha um destaque maior, como uma tecnologia que oferece novos caminhos para que os seres humanos possam interagir de forma transparente, melhorando e aumentando o acesso a RA de forma mais clara e facilitando seu uso, a adoção desta tecnologia foi prevista para quatro a cinco anos na época. A RA é vista como um sistema que oferece uma nova camada de informação sobre os usuários atualizando o que ele vê e faz.

Em 2014, é lançado O *Google Glass*, o qual é um dispositivo de RA portátil. O óculo *Glass* exibe uma camada de informação gerada por computador em cima do que o usuário está enxergando. É a RA como uma tecnologia trajável o “*Glass Project*”, do Google, com os óculos que possibilitam uma RA, que opera via comando de voz, apresentando ao usuário uma visão carregada de informações de seus arredores (*HORIZON REPORT, 2013, p.6.*).

Figura 10- Google Glasses.



Fonte: [https://img.talkAndroid.com/uploads/2014/10/Google\\_Glass\\_with\\_frame.jpg](https://img.talkAndroid.com/uploads/2014/10/Google_Glass_with_frame.jpg)

Já em 2016, foi o lançamento do Pokemon GO desenvolvido pela Niantic, Inc. Uma App de grande sucesso que faz uso da RA em um jogo que cria modelos Pokémon em cima da visão do usuário do mundo real. O jogo foi muito popular, ganhando destaque na mídia por diversos meios de comunicação como: jornais, televisão, rádio e revistas, mas foi o público da internet que mais fomentou o assunto entre os jovens.

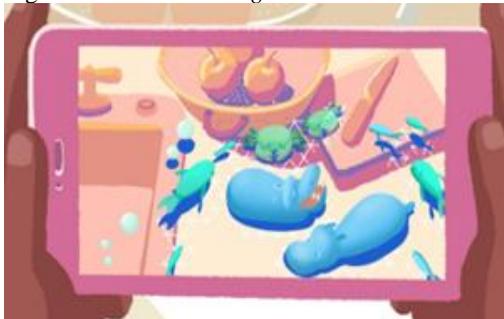
Figura 11- Google Glasses.



Fonte: <https://goo.gl/ytQdQq>

Em 2017, foi lançado pela Google o ARCode. O ARCode é uma nova plataforma de Realidade Aumentada para concorrer com sua rival ARKit plataforma de Realidade Aumentada da Apple.

Figura 12- ARCode Google.



Fonte: <https://developers.google.com/ar/discover/>

Figura 13- ARKit Apple.



Fonte: <https://goo.gl/1qaEpy>

Em 2017, a Apple lança a ARKit para o *iPhone Operating System* (iOS)<sup>11</sup>. A plataforma de RA da Apple chega ao mercado e faz com que a Google lance às pressas sua nova plataforma *ArCode*. As Figura 12 e 13 ilustram sua operação.

Ambas as plataformas operam nos dispositivos móveis mais potentes oferecidos pelo mercado até o momento. Para seu perfeito funcionamento, é exigido um aparelho que cumpra com os requisitos mínimos de *hardware* e *softwares*. Nos dispositivos mais antigos, estas plataformas não funcionarão devido às especificações mínimas de *hardware* e *software* incompatíveis com aparelhos mais antigos.

Com o avanço da tecnologia, multiplicaram-se os dispositivos ópticos como: televisão, computador pessoal, *Notebook*, *Smartphone*, *Tablet*, óculos de realidade aumentada, óculos de realidade virtual e

equipamentos híbridos que prometem ser funcionais em mais de uma realidade. Observa-se uma redução drástica nos preços dos dispositivos e uma evolução tecnológica constante, algo que o torna cada vez mais acessível e popular. Deve-se levar em consideração que qualquer produto, quando é lançado no mercado, possui preço maior, mas gradativamente, conforme o tempo passa, seu preço diminui.

A disponibilidade de acesso à informação por meios digitais, o emprego de dispositivos de realidade em mídias sociais e novas plataformas web específicas para este fim trazem uma melhora na qualidade de vida das pessoas, qualificam a interação dos usuários através das tecnologias geradas por computação gráfica em dispositivos móveis e colaboram para uma maior autonomia dos seus usuários, bastando apenas um *smartphone* e um *applications* (App) de RA. Não se pode esquecer que *smartphones* e *tablets* modernos trabalham perfeitamente com RA. A RA, por sua vez, aceitam trabalhar com processador padrão e mais acessível, diferente da Realidade Virtual (RV) que exige processador mais potente e uma aplicação de interface mais complexa.

## 2.2 CONCEITO DE REALIDADE VIRTUAL

De acordo com (Kirner, 2011), realidade virtual é uma interface computacional que permite ao usuário interagir em tempo real, em um espaço tridimensional gerado por computador, usando seus sentidos, através de dispositivos especiais. De forma mais simples, pode-se dizer que “é uma interface computacional avançada que envolve simulação em tempo real e interações, através de canais multissensoriais” (Burdea e Coiffet, 1994).

Segundo Biocca (1995), o termo Realidade Virtual (RV) é creditado ao cientista da computação e músico Jaron Lanier na década de 80. Do mesmo modo, é creditado a ele o título de maior divulgador do termo. Jaron em 1984 fundou a *Virtual Programming Languages* (VPL), uma das primeiras empresas a desenvolver *softwares* e *hardwares* comercialmente com RV. O produto de grande sucesso foi a luva de Realidade Virtual *Datagloves*, que foi usada como dispositivo de entrada, podendo ser operada em conjunto com o *EyePhone*, uma unidade de exibição montada na cabeça do usuário para a visualização de ambiente virtual.

Ambiente virtual para Sherman & Graic (2006, p.7) é um espaço imaginário, frequentemente manifestado através de um meio. Uma

descrição de uma coleção de objetos em um espaço e as regras em relações que governam estes objetos.

Foi em meados dos anos 90 que o sistema de RV começou a ganhar destaque na mídia e eventos tecnológicos. Segundo Jacobson (1994), o primeiro sistema de RV para *Personal Computer* (PC) foi apresentado pela *AutoDesk* em 1989. O que muitos não sabem é que esta tecnologia tem sua origem na década de 50, com experiências multimodais baseadas em técnicas cinematográficas.

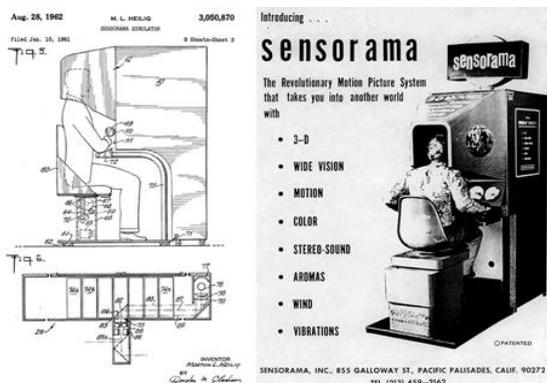
### 2.2.1 BREVE HISTÓRICO DA REALIDADE VIRTUAL

Em 1956, foi construído por Morton Heilig, um equipamento chamado *Sensorama Simulator*, que é uma máquina que permite ao usuário ter uma experiência com RV. Este equipamento teve sua patente registrada em 28 de agosto de 1962 sob número 3050870. Através de estímulos em todos os sentidos do usuário como: visão, som estéreo, uma tela em três dimensões estereoscópica, acompanhado de cadeira vibrante, ventiladores potentes que espalhava cheiros e vento sobre o usuário. O *Sensorama Simulator* atuava como uma máquina de RV.

O *Sensorama* apresentava filmes, os quais foram intitulados como: Motocicleta, Dança do Ventre, *Dune Buggy*, Helicóptero, Um encontro com Sabrina e Eu sou uma garrafa de Coca-Cola. A ideia era fazer com que o usuário tivesse a sensação de imersão em Realidade Virtual através dos filmes e estímulos externos que estavam sendo passados pelo aparelho. Embora com poucos recursos tecnológicos, o *Sensorama* é considerado um importante marco da RV. Infelizmente sua interação não trocava dados com o usuário. Apenas oferecia estímulos sincronizados com o filme que estava sendo exibido no aparelho.

O *Sensorama* foi descontinuado devido ao seu fracasso comercial, mas exerceu uma grande influência nos sistemas de RV atuais, tratando-se de imersão e visão estereoscópica, características que são observadas até hoje nestes equipamentos. O cineasta Morton Heilig é considerado como o primeiro a propor e criar sistemas imersivos, ele já imaginava o “cinema do futuro” (Packer, 2001).

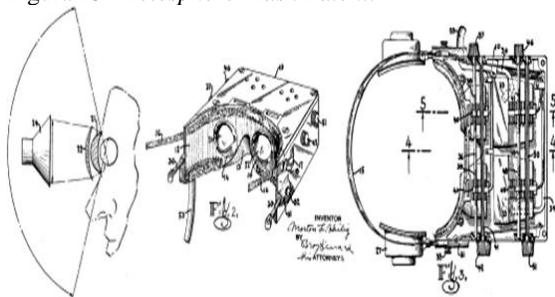
Figura 14- Inventor in the field of virtual reality Sensorama Machine.



Fonte: <https://goo.gl/KUK8As>

Quatro anos mais tarde, em 1960, Morton Heilig inventou o primeiro aparelho de RA acoplado diretamente na cabeça do usuário com filme não interativo sem qualquer rastreamento de movimentos, com imagem em 3D estereoscópico, visão ampla e som estéreo. Ele registrou sua invenção em 04 de outubro de 1960 com o nome de *TelesphereMask*, sob o número 2955156. Mas, devido à descontinuação do projeto e por dificuldades em conseguir investidores, o *Telesphere Mask* não ficou muito conhecido. A invenção de Morton o *TelesphereMask* é considerado o precursor dos óculos de Realidade Virtual.

Figura 15 - *Telesphere Mask Patent*.



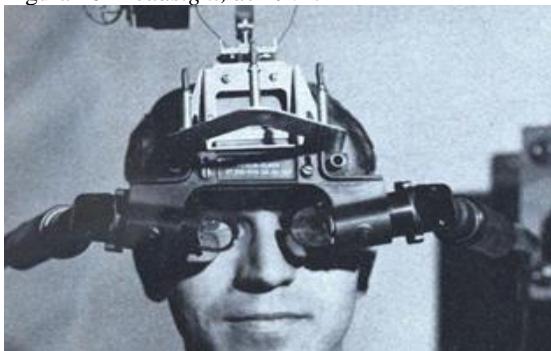
Fonte: <https://goo.gl/MB2Y6U>

Em 1969, Morton Heilig registra sob o número de patente 34669837 sua invenção denominada *Experience Theatre*, uma versão do seu aparelho *Sensorama Simulator*, mas com capacidade para comportar um público maior. Com uma tela grande se esférica capaz de mostra

imagens com movimento 3D, o aparelho reúne diversas características herdadas do seu antecessor como: som direcional, aromas, vento, variações de temperaturas, inclinação do corpo no assento e imagens periféricas.

O trabalho de Heilig, que previa a criação de um capacete HMD, foi continuado por Sutherland, o qual, em 1966, desenvolve um HMD que utiliza telas de tubos de raio catódico (CRT), dispostas em frente aos olhos do usuário e apoiadas em suas orelhas para emitir as imagens (BURDEA; COIFFET, 2003). Existem duas propostas diferentes na percepção da interação em capacetes com tecnologia HMD, neste período se utiliza a visão óptica direta (*see-through*) e também a visão de câmera de vídeo.

Figura 16- *Headsight*, de 1961.



Fonte: <http://laboratorio.jornalismojunior.com.br/wp-content/uploads/2016/10/vr-1.jpg>

Pode-se dizer que um grande marco no mundo da computação gráfica aconteceu em 1963, quando Ivan Sutherland defendeu sua tese de doutorado, no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), sob a orientação do pesquisador Dr. Claude Elwood Shannon e apoiado por Marvin Minsky. Intitulada “*Sketchpad, a Man-Machine Graphical Communication System*” (Sutherland, 1963).

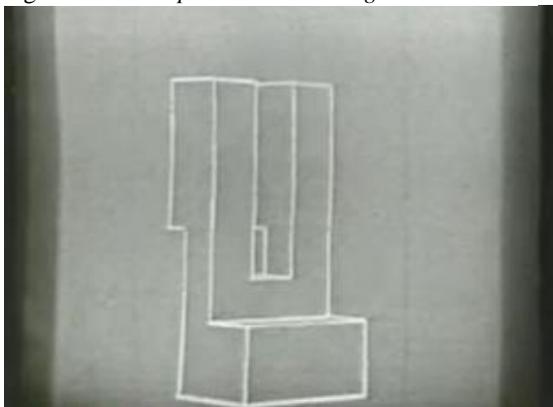
Figura 17 - Ivan Sutherland on MIT Lincoln Labs' TX-2 computer.



Fonte: <https://goo.gl/JGShpm>

A figura 17 demonstra Sutherland demonstrando seu sistema usando uma caneta óptica para fazer interações e seleção de figuras no monitor com auxílio de comando no teclado.

Figura 18- *sketchpad-solid-modeling*.



Fonte: <https://goo.gl/KU3uFR>

Um objeto desenvolvido por Sutherland através de ponto de luz e linha, os polígonos, eram definidos a partir de desenho livre, e o sistema também os corrigia automaticamente quando necessário, limitando esta tarefa à resolução do monitor e o tamanho a figura 18 ilustra este sistema. Estes desenhos eram figuras 3D com representação aramada e *wireframe*.

O programa foi executado em um computador Lincoln TX-2, com 64K - palavras de 36 bits. O time de desenvolvimento deste projeto incluía mais dois pesquisadores: Johnson e Roberts, que interagiam com outras equipes do MIT. Neste trabalho, Sutherland fixou a maior parte das palavras-chaves da definição de Realidade Virtual, envolvendo: representações virtuais geradas por computador (gráficos no monitor), interação em tempo real (gráficos interativos) e dispositivos especiais como a caneta óptica (KIRNER, 2008).

Nesta época já existiam gráficos e desenhos em computador, mas nada como *Sketchpad*, usando computação gráfica interativa, dessa forma, constituiu-se no marco da criação da RV (KIRNER, 2008).

Segundo (KIRNER, 2013), a inovação e o pioneirismo em diversas áreas importantes da Computação fazem da tese de doutorado de Ivan Sutherland com o *Sketchpad*, um dos trabalhos mais importantes já publicados, envolvendo:

- Computação Gráfica;
- Interface Gráfica do Usuário (IGU);
- Projeto Baseado em Computador (PBC);
- Interação Humano-Computador (IHC);
- Programação Não-Procedural;
- Programação Orientada a Objetos (POO);
- Realidade Virtual (RV);

O *Sketchpad* nunca foi comercializado, já que nesta época não havia computadores potentes suficientes e nem dispositivos gráficos para rodar este sistema com um preço acessível à população. Outro fator importante foi o fato de que um computador Lincoln TX-2 tinha sua operação limitada a especialistas, já que sua interface homem/máquina ainda era muito primitiva. Sutherland demonstra preocupação em melhorar a interface com seu trabalho *Sketchpad*, para ele o computador deveria se tornar mais acessível para novas categorias de usuários não especialistas, oferecendo uma interface de manipulação de objetos específicos para os usuários comuns, preservando a abstração da programação para os especialistas.

O *Sketchpad* foi usado como prova de conceito e englobou inovações em diferentes áreas da computação. Após sua apresentação, o computador voltou para suas atividades normais alocado em outros projetos do MIT e sua estrutura de computação interativa foi desativada. Numerosas aplicações baseadas em gráficos de computador, as quais vão desde filmes, jogos e sistemas de realidade virtual, materiais

educacionais, simulações científicas, tecnológicas e outros auxílios de design para engenheiros, são descendentes do trabalho original do Dr. Sutherland no *Sketchpad* (KYOTOPRIZEUSA, 2017).

A busca por facilitar a interação homem/máquina de usuários não especialistas em computação perdura até hoje, prova disso é que uma criança com um *tablet* consegue fazer as mesmas figuras 3D com representação aramada e *wireframe* que Ivan Sutherland desenhou no *Sketchpad* em 1963, ou seja, a computação está em constante evolução.

No ano de 1965, com a publicação do seu trabalho “*The Ultimate Display*”, Ivan Sutherland estabelece o conceito de *display* que permite ao usuário interagir com objetos de mundos virtuais através de estímulos visuais, sonoros e táteis. Muito do que é descrito neste trabalho nos traz as tecnologias atuais dos computadores modernos que também estão disponíveis em dispositivos móveis como: *Tablet*, *Smartphones* e óculos de RV. Para Sutherland, não há razão para que os objetos exibidos por um computador tenham que seguir as regras comuns da realidade física com as quais estamos familiarizados. Temos a chance de familiarizar-nos com conceitos não realizáveis no mundo físico. O autor ainda afirma que, com a programação apropriada, tal exibição poderia literalmente ser o País das Maravilhas em que Alice andava. (SUTHERLAND, 1965, p.1-2, tradução nossa).

Em 1968, Sutherland publicou um artigo denominado “*A Head-Mounted Three Dimensional Display*”, apoiado pela *Advanced Research Projects Agency* (ARPA), órgão do Departamento de Defesa dos EUA. A primeira parte deste trabalho teve início no MIT *Lincoln Laboratory*. Neste trabalho, na Universidade de Harvard, Sutherland descreve o desenvolvimento do capacete HMD com imagem estereoscópica e rastreável que usava dois tipos de rastreadores em conjunto, o mecânico posicionado na cabeça do usuário e o ultra-sônico. O capacete possui dois *minidisplays* com tecnologia de telas de CRT.

O sistema ultrassônico tem um baixo custo de implementação. No caso do “*A Head-Mounted Three Dimensional Display*”, de Sutherland, é o primeiro capacete que tem imagens geradas por computador e uma onda contínua ultrassônica com sensor de posição da cabeça. É considerado um marco tecnológico misturando objetos virtuais com objetos reais estabelecendo as bases tecnológicas para uma nova realidade a Realidade Aumentada e o marco inicial da imersão.

A máquina de vídeo game Arcade, em 1991, começava a surgir, usavam um HMD para visualizar imagens em 3D estereoscópico, em conjunto com outras máquinas arcade através de jogos *multi-player* em

3D. Na busca para alcançar uma parte deste novo mercado as empresas SEGA e Nintendo anunciaram o lançamento de consoles de vídeo games com *Headset*, mas, por dificuldades técnicas e baixa absorção pelo mercado, estes projetos foram descontinuados. Projetos de outras empresas em meados dos anos 90 também sofreram com as mesmas dificuldades, apresentando o mesmo fim.

O *Kinect* foi lançado em 2010 pela gigante da tecnologia Microsoft, um aparelho que pode ser usado em vídeo game Xbox e PC. O *Kinect* através dos seus sensores cria uma versão digital do usuário que pode controlar e interagir com o console pelo movimento do corpo ou comando de voz.

Figura 19- *Kinect*.



Fonte: <https://goo.gl/XCpz6F>

A empresa *Oculus Rift*, surge em 2012, na Califórnia nos *United States of America*(EUA). Através de uma campanha de financiamento coletivo (*Crowdfunding*) *online* a empresa arrecadou fundos para desenvolver seus óculos de realidade virtual. Em 2014 a gigante da rede social *Facebook* compra a *Oculus Rift* e cria uma divisão própria para trabalhar óculos de realidade virtual.

Figura 20- *Oculus Rift*.



Fonte: <https://goo.gl/pbzwpM>

A Google lança o *Google Cardboard*, em 2014, uma plataforma de RV. Para acessar tal plataforma, é necessário um visualizador de papelão em que o *smartphone* se encaixa perfeitamente. Nesta plataforma o usuário pode visualizar conteúdos imersivos de RV, a ideia base é que o usuário tenha um visualizador de baixo custo para RV e possa usá-lo com seu *smartphone*, com sistema operacional baseado em Linux (*Android*) ou sistema operacional móvel da Apple Inc (iOS).

Figura 21- *Visualizador para Google Cardboard*.



Fonte: <https://goo.gl/ePZkM9>

A Samsung lança o *Samsung Gear* dispositivo de RV (2015). É um *headset* compatível com os *smartphones Galaxy*. O equipamento se encaixa facilmente no *smartphone*, oferece aos seus usuários uma experiência imersiva e tridimensional em Realidade Virtual.

Inaugurada em 2015, a *Startup* Beenoculus começou suas atividades oferecendo tecnologia de RV de forma mais acessível à

realidade Brasileira. Trata-se de uma empresa nacional fundada em Curitiba e atualmente com escritório também em São Paulo.

Entre os seus produtos, o destaque são os seus óculos de RV adaptados para ser usado em conjunto com *smartphones* e uma plataforma em nuvem para distribuição de materiais e vídeos em 360 graus. A empresa também trabalha com tecnologias de RA e Realidade Mista (RM).

Figura 22- *Daydream*.



Fonte: <https://vr.google.com/>

Lançado em 2016, a *Daydream* é a nova plataforma de RV da Google, foram firmada parcerias com as empresas Unity, Unreal Engine para desenvolver *smartphone* e *tabletes* mais potentes. A *Daydream* foi desenvolvida para dispositivos móveis com sistema operacional *Android* e traz novas especificações tanto de *software* como de *hardware*. Os aparelhos precisam ser compatíveis com estas especificações para poder usufruir de todo o seu potencial. A ideia é que ela seja a nova sucessora

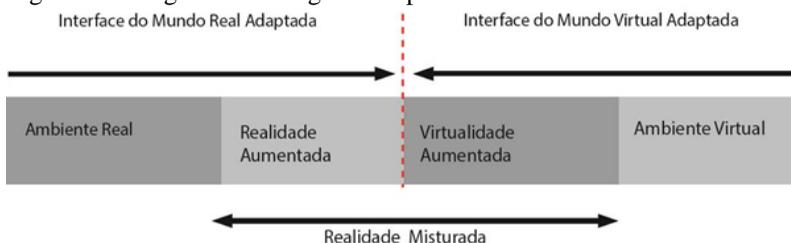
para plataforma *Google Cardboard*. A *Google* declara que a *Daydream* é uma plataforma para alta qualidade em realidade virtual.

### 2.3 REALIDADE MISTURADA: DIAGRAMA DE MILGRAM

Milgram explica no seu diagrama que a transição de Realidade Aumentada para Virtualidade Aumentada não é contínua, mas ocorre de forma bruta, porque a alternância do tipo de interação no ambiente independe da quantidade de objetos reais e virtuais existentes.

Um conceito mais amplo definindo como Realidade Misturada combina a realidade do mundo real e virtual através de técnicas computacionais. Adaptada de *Reality-Virtuality Continuum* (Milgram, 1994).

Figura 23- Diagrama de Milgram adaptado.



Fonte: (Kirner, 2011, p.21).

Ambas as realidades usam técnicas computacionais, mas a Realidade Aumentada gera posicionamento e mostra objetos virtuais, interagindo em cenários reais, mantendo o senso de presença do usuário no mundo real. Já a Realidade Virtual usa mais técnicas computacionais que a Aumentada e coloca objetos dentro de mundos virtuais e a partir daí permite a interação com o ambiente virtual.

A interação de sistemas computacionais 3D em tempo de execução é vital para o funcionamento adequado de ambas as realidades. A publicação de 2005, do relatório da *Horizon*, descreve a Realidade Misturada como uma tecnologia-chave para o desenvolvimento de aplicações nos próximos cinco anos.

Realidade Misturada é a sobreposição de objetos virtuais gerados por computador com o ambiente físico, mostrada ao usuário, em tempo real, com o apoio de algum dispositivo tecnológico. A Realidade Misturada (RM) apresenta duas modalidades: Realidade Aumentada e Virtualidade Aumentada (KIRNER, C.; TORI, R. 2004).

Em 2016, o Microsoft *HoloLens* é o primeiro computador holográfico autônomo. O dispositivo possibilita ao usuário criar hologramas no mundo ao seu redor, bem como interagir com eles. A Microsoft declara que seus *HoloLens* é um dispositivo de RA múltipla.

Figura 24- *HoloLens*.

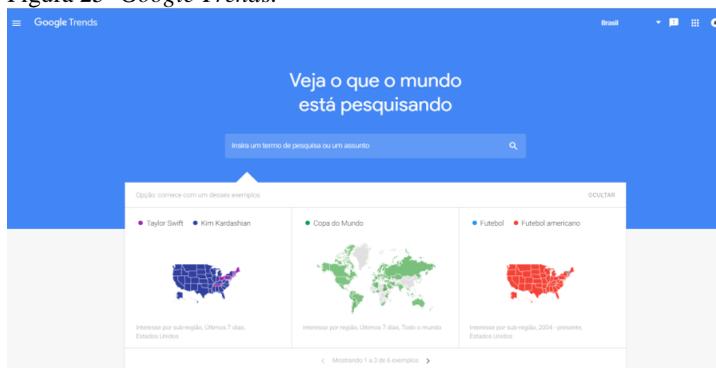


Fonte: <https://goo.gl/Akg5pY>

## 2.4 RELATÓRIO DO GOOGLE *TRENDS* PARA RA E RV

Criado em 2006, o Google *Trends* é uma ferramenta gratuita disponibilizada para usuários do Google que permite acompanhar a evolução do número de buscas por uma determinada palavra-chave ao longo de um período de tempo. A classificação desenvolvida pelo Google dos seus *Trends* em 2018 usa uma escala de 0 a 100, como podem ser observados nos gráficos abaixo. O valor de 100 mostra as regiões com maior popularidade, usando os termos desta busca e 50 para as regiões que tiveram metade dessa popularidade. O zero é usado para as regiões que tiveram menos de 1% de popularidade na busca em relação às que obtiveram mais popularidade.

Figura 25- *Google Trends*.

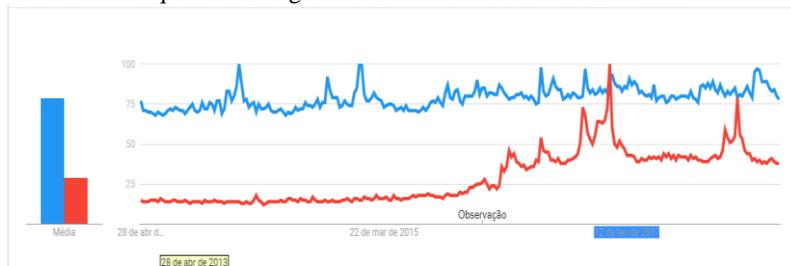


Fonte: <https://trends.google.com.br/trends/?geo=BR>

A figura 25 mostra a ferramenta de pesquisa de tendências, o *Google Trends*. Desenvolveu-se uma busca. Comparando as palavras-chaves RA ficou em azul e RV, em vermelho, dois períodos de tempos distintos foram avaliados, um englobando os últimos 12 meses e outros sendo melhor avaliados, com o período de 60 meses a contar do dia 04 de julho de 2018. As buscas estão divididas por região do globo e uma específica sobre o Brasil. Segundo Fialho (2018),

Há três razões bem claras para a utilização do *Google Trends* (...). São elas: 1. Ideias de conteúdo: o usuário poderá descobrir quais são os termos mais pesquisados pelas pessoas (...). 2. Encontra tendências: pesquisar por palavras-chaves permite encontrar a tendência de crescimento (ou queda) das buscas relacionadas ao seu mercado. 3. Comparar termos: compare sinônimos ou temas corretos para verificar qual vale mais a pena em sua ação de marketing.

Gráfico 1- Pesquisa no Google Trends RA e RV últimos 60 meses.

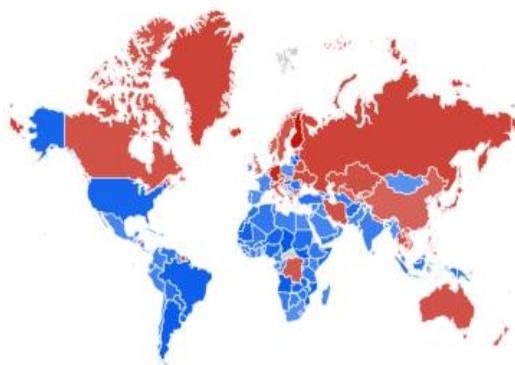


Fonte: <https://trends.google.com/trends/explore?date=today%205-y&q=AR,VR>

O gráfico um apresenta uma pesquisa realizada no Google Trends nos últimos cinco anos a contar de 6 de agosto de 2013 até 4 de agosto de 2018. Comparando as buscas realizadas pelas palavras-chaves RA e RV na Web em todas as categorias da Google, pode-se perceber através do gráfico um que a média de busca por RA foi de 78 e para RV foi de 30. Na semana dos dias 26 a 31 de dezembro, foi a única data em que as buscas em RV alcançaram 100 pontos, superando as buscas RA, que obteve 92 pontos.

Figura 26-Google Trends interesse por região nos últimos 5 anos.

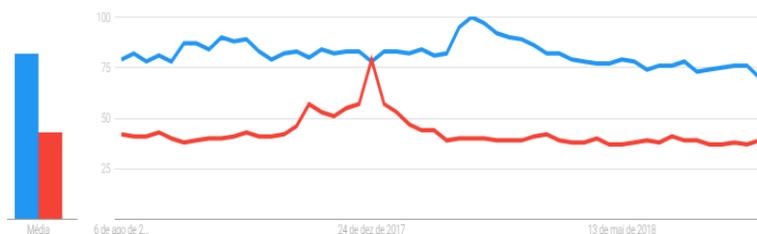
● AR ● VR



Fonte: <https://trends.google.com/trends/explore?date=today%205-y&q=AR,VR>

A figura 26 apresenta as relações de buscas nos últimos cinco anos pela palavra-chave RA e RV na Web, incluindo regiões com baixo volume de pesquisa. Embora esta imagem possa parecer que as busca por RV seja maior que RA, os usuários do Google *Trends* precisam levar em consideração que o algoritmo do Google precisa ser interpretado para uma análise mais realista, porque ele não leva em consideração a população existente na internet em relação à existente em cada região do globo. Fazendo esta interpretação, pode-se observar que a busca pela palavra-chave RA é maior por estar concentrada em regiões mais habitadas, conseqüentemente com um número muito maior de usuários conectados na internet.

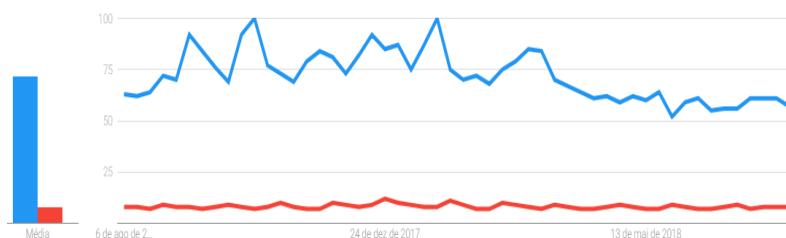
Gráfico 2- Google *Trends* de 2017 até 2018 RA e RV no mundo.



Fonte: <https://trends.google.com/trends/explore?q=AR,VR>

O gráfico 2 mostra uma pesquisa realizada nos últimos doze meses, englobando o dia 6 de agosto de 2017 até 04 de agosto de 2018, comparando as buscas por RA e RV no mundo. Pode-se observar um pico repentino nas buscas por RV alcançando 84 pontos e RA ficando um ponto abaixo no dia 24 de dezembro de 2017, mesmo assim a média do período ficou entre 83 para RA e 43 para RV.

Gráfico 3- Google *Trends* comparando RA e RV no Brasil nos últimos 12 meses.



Fonte: <https://trends.google.com/trends/explore?geo=BR&q=AR,VR>

O gráfico 3 mostra as pesquisas realizadas no Brasil durante o período 06 de agosto de 2017 até 04 de agosto de 2018 comparando RA e RV, englobando todas as categorias de pesquisa na Web. Pode-se visualizar uma ascensão muito grande da linha azul representando RA em relação à vermelha RV. Isto demonstra o interesse dos internautas brasileiros pelo tema RA. Durante este período, a média ficou entre 73 para RA e 8 para RV.

É importante destacar que, nas buscas no *Google Trends*, mantiveram-se as configurações de busca padrão realizadas em todas as categorias e pesquisa na web no menu *Google Trends*, para todas as pesquisas realizadas neste trabalho. É possível inferir o grande interesse dos internautas pela tecnologia de RA em comparação com a RV, no período de 12 e 60 meses.

## 2.5 JOGO DE XADREZ E SUAS APLICAÇÕES

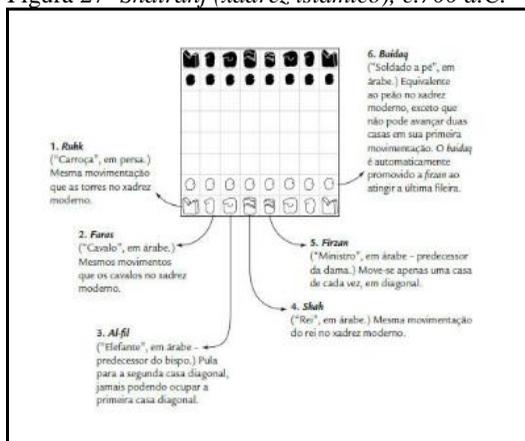
O jogo de xadrez é um jogo muito antigo, com origens na Índia e países periféricos da Ásia. Em sua história de mais de 2000 anos, o jogo sofreu uma série de mudanças e se metamorfoseou em sua forma atual até o século XV (FIDE, 2018). Ainda existe muita discussão sobre a origem do xadrez, mas a ideia mais aceita é que este teve início na Índia. O jogo Chaturanga era a representação primitiva do xadrez no seu início. Com o passar dos séculos, o jogo de xadrez foi se transformando por onde passava e conquistando novos jogadores. As peças do jogo Chaturanga eram representadas por: elefantes, cavalos, carros e soldados a pé. Este jogo significa exército formado de quatro membros (FILGUTH, 2007).

O xadrez é um jogo milenar, que, ao longo da sua história, seduziu inúmeras pessoas de diversas partes do mundo em um contexto cultural, histórico e social, completamente diferente. Podemos citar jogos como: Chaturanga criado na Índia antiga, o Shatranj criado na Arábia antiga e o Xadrez Moderno criado na Europa. Cada jogo possui sua particularidade e regras próprias para suprir uma necessidade cultural local. Todos foram evoluindo até chegar ao Xadrez atual, que segue as regras da FIDE (*World Chess Federation*).

O Shatranj, criado na Arábia antiga, por se tratar de um exercício de batalha, foi caracterizado como um jogo de guerra, e por este motivo foi permitido seu uso no mundo Muçulmano. Nesta época se compreendeu que sua prática podia trazer benefícios no campo de batalha, já que seus soldados estavam acostumados a seguir ordens e ter um pensamento rápido para solução de problema, características importantes

que devem ser exploradas em uma batalha como o que acontece em uma partida de Shatranj. A figura 26 mostra o jogo Shatranj, o equivalente ao xadrez para o mundo Islâmico.

Figura 27- *Shatranj (xadrez islâmico), c.700 d.C.*



Fonte: Shenk, 2017.

O jogo de xadrez foi muito influenciado pelo ocidente, motivo pelo qual suas peças sofreram alterações, no nome e nos valores, com o passar dos anos para satisfazer essas necessidades. Se compararmos com o xadrez original da Índia, podemos perceber que ele sofreu inúmeras mudanças por onde passou a fim de satisfazer a necessidades regionais.

Para Shenk (2017), desde uma lei do ano 655, do califa Ali Ben Abu-Talib (genro do profeta Maomé), até recentes decretos do aiatolá Ruhollah Khomeini, em 1981, do Talibã em 1996 e do clero iraquiano posterior a Saddam Hussein, o jogo de xadrez foi proibido. Entre esses períodos, o xadrez foi proibido por:

em 780, pelo califa abássida Al-Mahdi ibn al-Mansur;

em 1005, por Al-Hakim Bi-Amr Allah, do Egito;

em 1061, pelo cardeal Damiani de Ostia;

em 1093, pela Igreja Ortodoxa do Leste;

em 1128, por São Bernardo;

em 1195, pelo rabi Maimônides;

em 1197, pelo abade de Persigny;

em 1208, pelo bispo de Paris;

em 1240, pelos líderes religiosos de Worcester, Inglaterra;  
 em 1254, pelo rei Luís IX da França (são Luís);  
 em 1291, pelo arcebispo de Canterbury;  
 em 1310, pelo Conselho de Trier (Alemanha);  
 em 1322, pelo rabi Kalonymos ben Kalonymos;  
 em 1375, por Carlos V da França;  
 em 1380, pelo fundador da Universidade de Oxford, William of Wickham;  
 em 1549, pelo proto-hierarca Silvestre, da Rússia;  
 em 1649, pelo czar Alexei.

Por um período significativo da sua história, o jogo de xadrez foi proibido, o autor relata que esta proibição ocorreu porque nesta época acreditava-se que o jogo de xadrez era um jogo de azar muito ligado às apostas por seus praticantes. O Islamismo, a religião Muçulmana, proibia todos os jogos de azar e está imposição vigora até hoje, seguindo a lei do Alcorão.

“Ó vós que credes! As bebidas inebriantes, os jogos de azar, a dedicação às pedras e as adivinhações com setas, são manobras abomináveis de Satanás. Evitai-os, pois, para que prospereis. Satanás só ambiciona infundir-vos a inimizade e o rancor, mediante as bebidas inebriantes e os jogos de azar, bem como afastar-vos da recordação de Deus e da oração. Não desistirá, diante disso?” (Alcorão 5:90-91)

Fazendo uso de uma interpretação de cunho religioso, algumas regiões dominadas pelo Islamismo, as peças do xadrez são alteradas para representações muçulmanas, como por exemplo: a cruz da coroa do Rei é retirada e no lugar é colocado a lua crescente do Islã.

Pela sua história e representatividade, não há outro jogo de tabuleiro como o xadrez, que em um só combate reúne a prática da ciência, do esporte e da arte de forma divertida e democrática acessível a todos. A proibição imposta pela Igreja foi descontinuada por volta do século XIII, e o Xadrez se popularizou de tal forma pela Europa que muitos dos líderes religiosos já eram adeptos do jogo, mesmo antes da proibição.

Para vencer, é necessário conquistar o Rei do seu adversário, seguindo todas as regras estipuladas pela FIDE (*World Chess Federation*). A fundação da FIDE ocorreu em 20 de junho de 1924, em

Paris, e é reconhecida como a segunda maior federação de esporte do mundo, reunindo 188 federações membro, que organiza campeonatos para jovens, mulheres, homens e idosos (FIDE 2018).

Um bom enxadrista apresenta exímia habilidade em prever os movimentos do seu adversário, assim ele consegue criar a melhor estratégia de jogo para capturar o Rei do oponente. O xadrez é um jogo de estratégia, de inteligência e concentração necessária durante a partida para a tomada de decisões, imprescindíveis para alcançar a vitória, torna o jogo de extrema complexidade, sendo material de estudo da IA (Inteligência Artificial) e de diversas áreas do conhecimento. No jogo de xadrez, a capacidade de analisar e solucionar os problemas são fundamentais. Ao término da partida, o vencedor não comemora de forma exagerada, se compararmos com outros esportes como: futebol, golfe, vôlei, entre outros. O jogador de xadrez aprende a respeitar a derrota do seu adversário, colocando-se na posição de empatia, respeitando-o neste momento difícil, poucos jogos ensinam tal atitude.

O xadrez, assim como a arte, também sofreu tais influências do Ocidente. Por se tratar de um jogo de estratégia em um tabuleiro não exigindo esforço físico, os jogadores de xadrez podem continuar a jogar por toda sua vida e ainda se manter em alto nível no ranque da Federação.

O jogo de tabuleiro muito conhecido no mundo e uma excelente opção para jogo recreativo ou como esporte intelectual, a sua prática estimula o raciocínio lógico, a solução de problemas e o pensamento crítico. Sua aplicação no contexto escolar pode contribuir para um desenvolvimento intelectual e social dos seus praticantes. O raciocínio lógico acaba por influenciar no desenvolvimento em outras áreas como: matemática e física, disciplinas que são muitas vezes injustamente deixadas de lado pelos estudantes por acharem muito difíceis e complexas.

Este pode ser jogador, sendo confeccionado pelos jogadores com materiais reciclados, o que o torna acessível para ser implementado em salas de aula do mundo todo, é um jogo muito barato e fácil de se encontrar. O jogo de xadrez oferece uma excelente oportunidade para seus praticantes desenvolverem o pensamento lógico na solução de problemas.

O xadrez é uma das ferramentas educacionais mais eficazes disponíveis para fortalecer a mente de uma criança e é bastante fácil de aprender a jogá-lo. A maioria das crianças com 6 ou 7 anos podem seguir as regras básicas e até mesmo crianças com 4 ou 5 anos podem jogar. (FILGUTH, 2007, p.12). Na mesma obra, o autor afirma que: “Esses mesmos jovens frequentemente não conseguem permanecer sentados,

mesmo durante apenas 15 minutos, na sala de aula tradicional”. Já o xadrez, por se tratar de um jogo lúdico e atraente, acaba colaborando para que seus jogadores fiquem horas jogando, analisando partidas e aperfeiçoando suas estratégias de jogo.

Seus adeptos e defensores estão espalhados no mundo todo, sendo de diferentes gerações, sexo, classe social e religião. A prova disto é que a FIDE está entre as maiores organizações esportivas do mundo, é o resultado de séculos de história de sua invenção. O jogo de xadrez se espalhou por todos os países no mundo, com proibição ou sem, o xadrez se faz presente.

### 2.5.1 LEIS DO XADREZ PARA O MOVIMENTO DAS PEÇAS

As Leis do Xadrez da FIDE 2018 regulamentam o jogo no tabuleiro de xadrez, contudo estas leis podem não abordar todas as situações que surgem durante uma partida, para tal é necessário a presença de um juiz na realização das partidas em campeonatos internacionais. O objetivo deste trabalho é apresentar parte da lei que aborda o movimento das peças no tabuleiro de xadrez. O xadrez é um jogo disputado entre dois oponentes que movem suas peças, alternando a vez de jogar. Ademais é um jogo de cavaleiros que devem agir com decoro e uma postura ética durante toda a partida.

Atualmente o jogo de Xadrez é composto de um tabuleiro com 64 casas, o equivalente a 8 linhas e 8 colunas. As casas são dispostas em duas cores alternadas por branco e preto. Cada jogador dispõe de 16 peças, e o tabuleiro é formado por 32 peças no total. Para cada jogador a partida é iniciada com o mesmo número de peças.

Sendo composta por:

- 08 Peões;
- 02 Torres;
- 02 Cavalos;
- 02 Bispos;
- 01 Dama;
- 01 Rei.

No tabuleiro de Xadrez, cada peça tem um valor relativo a sua importância na partida, a posição inicial é fixa, e esta posição é padrão e precisa ser respeitada para iniciar a partida. O movimento específico relativo a cada peça também precisa ser respeitado quando o fizer, já o

valor relativo a cada peça pode ser alterado devido ao grau de importância que cada peça pode alcançar durante a partida. Este valor pode ser modificado para mais ou para menos, dependendo da peça, da estratégia adotada na partida e da influência que esta pode exercer para alcançar a vitória.

Figura 28- Posição inicial das peças no tabuleiro de xadrez clássico.



Fonte: [https://www.fide.com/FIDE/handbook\\_images/initial.png](https://www.fide.com/FIDE/handbook_images/initial.png)

O movimento das peças no jogo precisa respeitar algumas regras, por exemplo: não é permitido mover uma peça para um quadrado ocupado por uma peça da mesma cor, peças de cores opostas, quando capturadas, devem ser removidas do tabuleiro e sua posição ocupada. Existe no Xadrez o movimento de promoção do Peão, quando ele alcança a oitava fileira do adversário ele pode ser trocado por uma peça da escolha do jogador como, por exemplo, Dama, Torre, Bispo ou Cavalo.

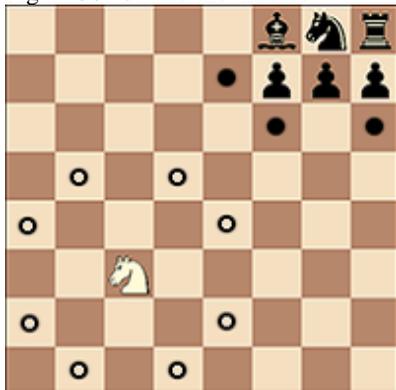
Figura 29- Peão movimento.



Fonte: [https://www.fide.com/FIDE/handbook\\_images/p\\_move.png](https://www.fide.com/FIDE/handbook_images/p_move.png)

A figura 29 ilustra o movimento do Peão durante uma partida de Xadrez. No primeiro lance, ele pode andar até duas casas e durante toda a partida pode atacar peça(s) na diagonal.

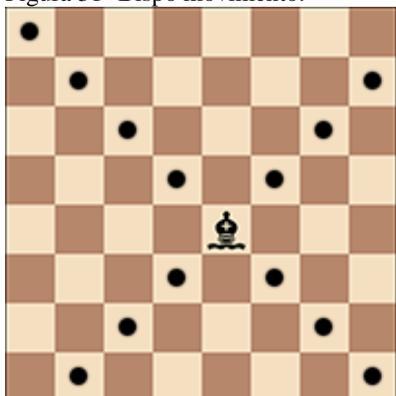
Figura 30- Cavalo movimento.



Fonte: [https://www.fide.com/FIDE/handbook\\_images/n\\_move.png](https://www.fide.com/FIDE/handbook_images/n_move.png)

A figura 30 ilustra o movimento do Cavalo sempre em “L”, é a única peça capaz de fazer este movimento entre todas do tabuleiro de Xadrez. O movimento em “L” pode ocorrer em qualquer direção e por cima de outras peças, como mostrado na imagem.

Figura 31- Bispo movimento.

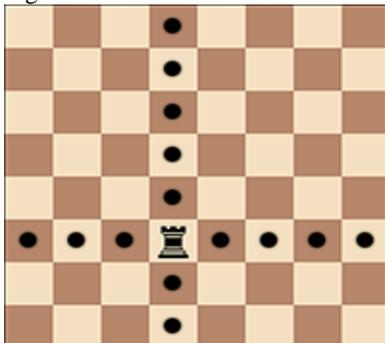


Fonte: [https://www.fide.com/FIDE/handbook\\_images/b\\_move.png](https://www.fide.com/FIDE/handbook_images/b_move.png)

A figura 31 ilustra o movimento do Bispo sempre em diagonal, pode se deslocar quantas casas quiser. O Bispo deve respeitar a cor da sua

casa de origem. Por exemplo: Bispo que inicia a partida em casa branca ou preta somente podem andar na sua casa de origem.

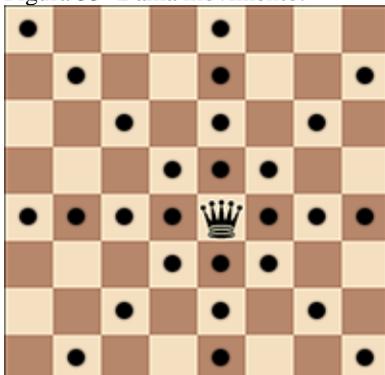
Figura 32- Torre movimento.



Fonte: [https://www.fide.com/FIDE/handbook\\_images/r\\_move.png](https://www.fide.com/FIDE/handbook_images/r_move.png)

A figura 32 ilustra o movimento da Torre que se move em linha reta, tanto na vertical quanto na horizontal, quantas casas quiser.

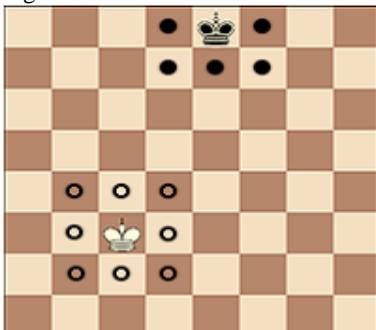
Figura 33- Dama movimento.



Fonte: [https://www.fide.com/FIDE/handbook\\_images/q\\_move.png](https://www.fide.com/FIDE/handbook_images/q_move.png)

A figura 33 demonstra o movimento da Dama também chamada de Rainha. Ela pode ser mover em qualquer direção, quantas casas quiser, desde que esta esteja livre. A Dama é a peça que tem o maior poder de ataque em todo o tabuleiro de Xadrez, ela pode mesclar o movimento da Torre e do Bispo varrendo todas as peças do adversário.

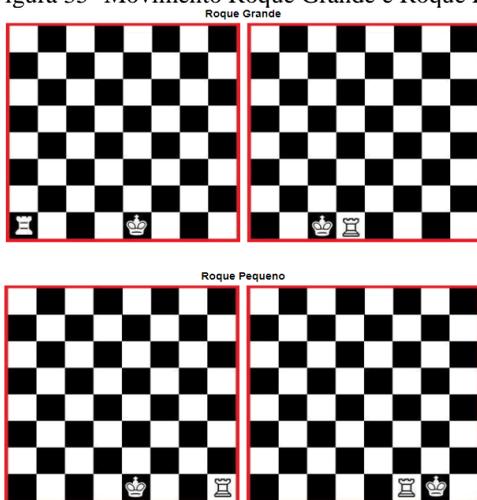
Figura 34- Rei movimento.



Fonte: [https://www.fide.com/FIDE/handbook\\_images/k\\_move.png](https://www.fide.com/FIDE/handbook_images/k_move.png)

A figura 34 ilustra o movimento do Rei a peça mais importante do Tabuleiro de Xadrez. O Rei pode ser move-se em qualquer direção, porém apenas uma casa por vez.

Figura 35- Movimento Roque Grande e Roque Pequeno.



Fonte: [http://soxadrez.com.br/conteudos/mov\\_extraordinario/p1.php](http://soxadrez.com.br/conteudos/mov_extraordinario/p1.php)

A figura 35 demonstra o movimento Roque, que ocorre entre o Rei e uma das Torres, este é usado para proteger o Rei. É preciso respeitar três regras para ser executado. São elas:

- O Rei não pode estar em xeque;
- Nenhuma das casas pelas quais o Rei passar ou ficar pode estar sob ataque;
- As casas entre o Rei e a Torre devem estar desocupadas.

Existem duas variantes do movimento Roque: o Roque Grande e o Roque Pequeno. Eles se diferem pela quantidade de casas envolvidas na execução do movimento. O número de casas percorridas pelo movimento Roque determina sua classificação entre Roque pequeno ou grande.

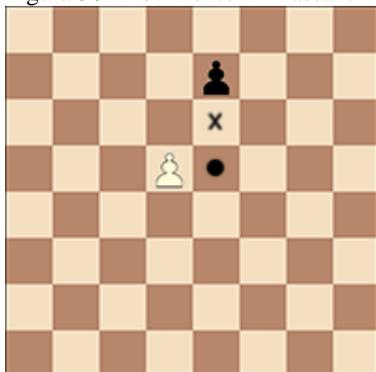
O Movimento Xeque acontece quando o Rei está diretamente ameaçado durante uma partida de xadrez, costuma-se dizer que o Rei está em Xeque mate quando chega ao fim da partida de xadrez. Existem três saídas para o movimento Xeque normal, são elas:

- Mover o Rei para outra casa, tirando da mira da peça do adversário;
- Capturar a peça que está dando o Xeque no Rei;
- Colocar uma peça entre o Rei e a peça que está ameaçando com o movimento de Xeque.

Caso a peça que está realizando o Xeque seja um cavalo, por ele ter o movimento em “L” esta alternativa não funcionará. No jogo de xadrez, também existe a possibilidade de empate seguindo as normas da federação (FIDE, 2018).

O movimento especial chamado *En Passant* é uma expressão Francesa que significa de passagem ou a passagem. É utilizado para captura do peão adversário, pode ser feita após o peão se mover por duas casas. Se o jogador adversário não o fizer, perde o direito de executá-lo. Este movimento acontece quando o peão do adversário passa do meio do tabuleiro, assim ele adquire o direito de fazer o movimento *En Passant* sobre as peças do adversário, quando a mesma fizer dois movimentos sobre ele. A figura 36 ilustra o movimento especial *En Passant*. É um movimento exclusivo do peão e acontece de peão para peão.

Figura 36- Movimento En Passant.



Fonte: [https://www.fide.com/FIDE/handbook\\_images/ep\\_move.png](https://www.fide.com/FIDE/handbook_images/ep_move.png)

### 2.5.2 BENEFÍCIOS DO JOGO DE XADREZ

O xadrez atual é um esporte inclusivo, pois é um jogo de tabuleiro que aceita diferentes faixas etárias, origens, sexo, classe social e pessoas com deficiência. Uma variedade de jogadores dito especiais podem ser incluídos em atividades com xadrez.

A prática do xadrez estimula a imaginação, a capacidade de concentração, melhora o desempenho da memória, a velocidade de raciocínio, além de outras habilidades como a criatividade e a socialização. O exercício de praticar xadrez desenvolve a interação social e o respeito ao próximo, valores que devem ser ensinados aos jovens de preferência desde muito cedo pelos pais. O xadrez fortalece estes ensinamentos como uma prática esportiva saudável, estimulando seus praticantes a melhorar cada vez mais para alcançar a vitória, mas sabendo aceitar a derrota com respeito ao próximo, pois se trata de um jogo de cavalheiros.

Para Filguth (2017, p. 35), o jogo de xadrez traz várias vantagens quando é usado no ensino. A escolha do xadrez é atribuída aos seguintes aspectos:

1. O xadrez converte o aprendizado e a resolução de problemas em um jogo.
2. Estudos conduzidos nos últimos 30 anos demonstram que o QI (Quociente de Inteligência) dos estudantes e os resultados de provas sofrem significativo incremento com menos de um ano de estudo sistemático do xadrez.

3. O xadrez é divertido e motivador. Desenvolve a autoestima, constrói espírito de equipe e aumenta a concentração.
4. O xadrez incentiva os estudantes a usar padrões lógicos e raciocínio dedutivo para a solução de problemas.

O xadrez oferece a possibilidade de se trabalhar de forma lúdica por ser um jogo de tabuleiro, mas que por trás oferece muitas outras vantagens que acabam por estimular os seus jogadores a produzirem seu próprio conhecimento. O jogador aprende que, para alcançar a vitória, precisa estudar o xadrez, lendo, analisando partidas de outros jogadores. Com isto desenvolve outras habilidades que envolvem atenção durante a partida, habilidade de resolução de problemas e autoconfiança.

Para Santos (2017), o jogo que pressupõe grande exigência intelectual e acuidade dos sentidos para o seu aprendizado e desenvolvimento, o xadrez, dentro do ensino especial, destrói esses mitos e quebra o preconceito com relação às pessoas com deficiência. O autor descreve outra importante contribuição do xadrez no ensino de pessoas com deficiência relatando a prática da experiência enxadrista com pessoas cegas, comprovando que a deficiência não afeta a jogabilidade do xadrez. Dauvergne (2007, p. 14) coloca:

A internet, o e-mail e os computadores estão mudando rapidamente as habilidades essenciais para ter sucesso na escola e no trabalho. Com a aceleração da globalização, a informação está fluindo cada vez mais rapidamente. Informações que demoravam meses para serem captadas há alguns anos, (sic) hoje podem circular na internet em alguns minutos. Com acesso tão fácil e imensos volumes de informação, a habilidade para escolher efetivamente entre uma ampla variedade de opções é ainda mais vital.

Neste contexto, o autor demonstra que o xadrez é uma ferramenta eficaz para desenvolver as mentes dos jogadores, pois cada movimento no xadrez cria um problema novo ao qual ela deve interpretar e trazer soluções para cada nova jogada. A solução rápida de problemas demonstra uma habilidade que deve ser instigada e desenvolvida nas crianças e adultos, já que, durante toda sua vida, a necessidade de buscar a solução destes conflitos será constantemente testada, devido à

quantidade crescente de informação disponíveis, tanto no jogo de xadrez quanto nos meios de comunicação.

Pode-se levantar um resumo adaptado do que Filguth (2007, p. 35) demonstra em detalhes sobre alguns benefícios acadêmicos. Segundo palavras de Meyers, “nós trouxemos o xadrez para as escolas porque acreditamos que contribui diretamente com o desempenho acadêmico. O xadrez torna as crianças mais inteligentes”. Faz isso ensinando as seguintes habilidades:

**Focalização** – Os jogadores são instruídos sobre os benefícios de observar cuidadosamente e concentrar-se. Se não observarem o que está acontecendo, eles não podem responder às questões, não importa quão inteligentes sejam.

**Visualização** – Os jogadores são estimuladas a imaginar uma sucessão de ações antes que elas aconteçam. Na verdade, no xadrez fortalecemos a habilidade de visualização, treinando trocar as peças de posição apenas mentalmente, primeiro um, depois vários movimentos à frente.

**Previsão** – Os jogadores são ensinados a pensar primeiro e então agir. Com o passar do tempo, o xadrez ajuda a desenvolver a paciência e a atenção.

**Avaliação de opções** – Os jogadores aprendem a não fazer a primeira coisa que surge em suas mentes. Aprendem a identificar alternativas e a considerar os prós e os contras de várias ações.

**Análise concreta** – Os jogadores aprendem a avaliar os resultados de ações específicas e sequências de ações. “Esta sequência me ajuda ou me prejudica?” Decisões são melhores quando guiadas pela lógica, em vez de pelo impulso.

**Pensamento abstrato** – Os aprendizes são ensinados a periodicamente, deixar de lado os detalhes e considerar o quadro maior. Também aprendem a transpor padrões usados em um contexto para situações diferentes, mas relacionados.

**Planejamento** – Os jogadores são ensinados a desenvolver metas e objetivos mais longos e dar os passos necessários para concretizá-los.

Eles também são ensinados sobre a necessidade de reavaliar seus planos de acordo com novos desenvolvimentos que alterem a situação.

Trabalho com considerações múltiplas simultâneas – Os alunos são incentivados a não se deixar absorver demais em apenas uma consideração, mas a tentar pensar diversos fatores, todos de uma vez.

Conforme Vygotsky (1989, p. 125), embora no jogo de xadrez não haja uma substituição direta das relações da vida real, ele é, sem dúvida, um tipo de situação imaginária, importante na resolução de conflitos e solução de problema. O autor reconhece a prática enxadrista como uma ferramenta de aprendizado importante para desenvolver habilidades para solução de problemas do cotidiano das crianças contribuindo significativamente na autonomia. Em outra obra do mesmo autor (1989, p. 115), os movimentos de um jogador de xadrez são determinados pelo que ele vê no tabuleiro; quando a sua percepção do jogo se modifica, sua estratégia também se modifica. A partir disto, podemos concluir que o jogador precisa estar atento a estas alterações durante todo o processo, buscando alcançar a vitória no jogo, capturando o rei do adversário.

### 2.5.3 JOGO DE XADREZ MODIFICADO

O xadrez modificado e suas variantes são desenvolvidos nos meios enxadristas por jogadores e mestres com a finalidade de ampliar as possibilidades do xadrez e oferecer um novo foco, podendo manter ou não as regras da FIDE. Para *Chess variants* (2018) (tradução nossa), as variantes de xadrez podem ter vários temas. Não é um tema de jogo que faz com que seja uma variante do xadrez. É quando a natureza do jogo se assemelha à natureza do xadrez. O xadrez na sua essência é um jogo de estratégia que pode ser representado matematicamente e cada movimento realizado por seus jogadores tem relação com a lógica, através da matemática e suas vertentes. Jogos de azar como: Gamão, Dados, Bingo entre outros não desenvolvem as habilidades dos jogadores como o xadrez.

Para tais jogos, o fator “sorte” se faz presente, em uma partida de xadrez o fator “sorte” é descartado, o ganhador precisa capturar o rei do adversário e cada movimento feito no tabuleiro equivale a um novo enigma matemático/lógico a ser desvendado pelo jogador para obter a vitória. Segundo Fergus em *Chess variante* (2018, tradução nossa), os

jogos que dependem do manuseio de dados ou sorteio de cartas não são jogos de estratégia.

As variações do xadrez para o xadrez modificado podem ocorrer em um ou vários aspectos do jogo, de diferentes formas, como por exemplo:

- Alteração no tabuleiro;
- Mudança nas Peças;
- Modificação das regras;
- Acréscimo de novos objetos no jogo.

Através da popularização dos clubes de xadrez pela WWW (*World Wide Web*), nos anos 90, clubes como o *Chess variants* oferecem jogos de xadrez modificados no seu portal com partidas que ocorrem 24 horas por dia, 7 dias por semana, bastando apenas o jogador ter um dispositivo conectado à *internet* com um sistema compatível, respeitar as regras do clube, realizar um cadastro prévio, acessar seu *login* e escolher o oponente. As partidas também podem ser agendadas entre os membros do clube.

O clube permite que os inventores de jogos modificados publiquem as regras de seus jogos no seu *site*. Este tem como objetivo fornecer não somente fontes secundárias em jogos, mas, quando possível, fontes primárias também. Muitas das pessoas por trás deste *site* são inventores de jogos que publicaram seus jogos neste espaço, e todos também podem fazer o mesmo. (2018, tradução nossa).

O *site Buho21* é uma rede social *multiplayer* que oferece partidas ao vivo, organiza campeonatos, oferece simulações de xadrez e aulas. Jogos como: Dama, Gamão, *Poker*, Dominó, *Gomoku*, entre outros também são oferecidos *online* para seus participantes. O *Buho21* é famoso por oferecer partidas de grandes mestres enxadristas. A facilidade de poder jogar a qualquer hora do dia ou da noite permite que sempre haja jogadores suficientes em todos os níveis. Você pode jogar como convidado, gratuitamente (*Buho21*, 2018, tradução nossa). Esta vasta opção de jogos e recursos faz o *Buho21* tão popular entre os adeptos de *games online* de xadrez.

Em um período não muito distante da história do xadrez, as partidas à distância eram jogadas através de cartas, entre os enxadristas espalhados nos mais diversos cantos do mundo. Neste processo demorava-se semanas ou até meses para receber a resposta do adversário. O e-mail substituiu a comunicação feita por cartas com certa maestria, mas a tecnologia pode nos surpreender ainda mais, como ocorrem com os jogos *online*. Os clubes de xadrez, antes com influências regionais, atualmente com o advento da *internet* oferecem serviços *online* através de seus portais, organizando novos jogos como o xadrez modificado. O jogo de xadrez atual, se comparado com suas versões mais antigas, pode-se comprovar que se trata de uma modificação do mesmo jogo, com o uso do tabuleiro, que estimula a estratégia em sua essência, o raciocínio lógico e a matemática que se faz presente.

#### 2.5.4 JOGO DE XADREZ GRAVIDADE

O jogo de xadrez Gravidade criado por Matos, 2017, foi uma modificação do jogo criado por Neto e Chaunier (1996). Na variação do xadrez Gravidade, aplicam-se todas as regras da FIDE mais a regra “atração” após cada movimento realizado. Este jogo aborda conceitos Física da força gravitacional exercida por todos os corpos. Neste caso, os objetos são representados pelas peças do jogo de xadrez, seguindo regras diferentes da primeira versão, simulando a força gravitacional existente em todos os corpos com massa, demonstrando que a ação gravitacional ocorre em todas as direções.

Após o movimento de cada peça no tabuleiro durante a partida, será simulada a força da gravidade através da regra de “atração”. Neste processo, podemos trabalhar com: a Lei da Gravidade Universal, Peso, Massa, a partir do jogo de xadrez modificado, denominado Xadrez Gravidade, outros conceitos de Física podem ser abordados através de analogias no tabuleiro de xadrez.

#### 2.5.5 JOGO DE XADREZ CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

O jogo de xadrez Conservação de Energia é um jogo modificado, que possui todas as regras da FIDE para xadrez tradicional, mais as regras especiais criadas para o jogo. Segundo Matos (2017), o objetivo do jogo “Xadrez Conservação de Energia” é buscar a compreensão de que a energia não gasta, pois é algo que existe numa certa quantidade, mas que

pode ser transferida de um sistema para outro, ou transformada dentro do próprio sistema.

A cada captura de peça durante a partida, esta deve retornar para o tabuleiro com a cor oposta. No decorrer do jogo, as peças se alteram para manter o ritmo e respeitar as regras do “Xadrez Conservação da Energia”. Durante esta, se faz necessário um outro jogo de peças de xadrez sobressalente para fazer-lhes a reposição. Segundo Matos (2017), considera-se no jogo que as peças brancas compõem um microestado denominado “energia branca”, e as peças pretas um microestado denominado “energia preta”. Cada peça conquistada pelo adversário não é retirada do tabuleiro. Desta forma a energia que forma estes dois microestados se mantêm durante a partida. Neste processo, podemos trabalhar os conceitos de energia e fenômenos associados a ela, como: transformação, conservação, tipos de energia e entre outros conceitos físicos.

#### 2.5.6 JOGO DE XADREZ ENTROPIA

Segundo Matos (2017), o “xadrez Entropia” busca auxiliar professores e alunos no entendimento dos conceitos de irreversibilidade, desordem e energia degradada (não útil). Aplicam-se todas as regras da FIDE, mais as regras especiais criadas para o jogo.

Para cada movimento de xadrez tradicional, o jogador precisa executar um movimento randômico com uma peça do adversário, a peça escolhida pode ser colocada em qualquer casa vazia no tabuleiro, porém para concluir este movimento o jogador deve seguir algumas regras.

Entropia é uma unidade de medida para desordem representado pela letra “S”. Quanto mais as peças de xadrez estiverem fora da posição inicial no tabuleiro maior será sua entropia dentro deste sistema. Portanto, durante uma partida de xadrez, a Entropia aumenta entre as peças dispostas no tabuleiro, até que se chegue a um vencedor. Quanto maior a Entropia no sistema, maior será sua desordem.

Nesta dissertação, desenvolveu-se um protótipo em 3D com Realidade Aumentada para trabalhar com estes jogos. Em relação às regras desenvolvidas para os jogos modificados de xadrez Gravidade, Energia e Entropia podem ser encontrados pormenores em Matos (2017).

## 2.6 SOFTWARES PARA O DESENVOLVIMENTO DE MODELOS EM 3D E REALIDADE AUMENTADA

Existem inúmeros *softwares* com qualidade para o desenvolvimento de modelagem 3D com opções de *softwares* proprietários e livres. Para listarmos estes *softwares* e suas características, criou-se um requisito técnico, o *software* de modelagem 3D precisa possuir uma versão do *plugin* desenvolvido pela *Augment* ou ter uma integração nativa com a plataforma *Augment*.

### 2.6.1 PLATAFORMA AUGMENT

Através do trabalho de pesquisa e testes práticos em programas de modelagem 3D, descobriu-se a plataforma *Augment* de realidade aumentada. Esta oferece recursos de escala em tempo real de execução para qualquer ambiente real e suporte para dispositivos móveis que operem com sistema *Android* ou *iOS*.

Mediante um cadastro prévio e a comprovação por documentos oficiais de vínculo à instituição de ensino, recebeu-se uma licença exclusiva da *Augment* para fins educacionais autorizando a fazer uso das suas ferramentas e sua plataforma *online* para disponibilizar os modelos 3D de tabuleiros de xadrez de forma livre sem nenhum custo.

A parceria foi firmada com a troca de vários e-mails explicando o porquê da necessidade de uma licença educacional e os motivos que levaram a pedir tal benefício. O portal *Augment* oferece a comodidade de hospedar os arquivos em 3D deste projeto e uma vasta gama de recursos tecnológicos inclusive a implementação da RA nos modelos através do *plugin Vuforia*, o qual é o mesmo usado pela *Unity Engine*.

A *Augment* começou como uma *Startup* em 2011, com sede em Paris na França, atualmente tem escritórios em *Nova York* e *Orlando* nos Estados Unidos. O foco comercial da *Augment* é a sua plataforma de RA proprietária que permite a seus clientes e usuários visualizar qualquer objeto postado com escala em ambiente real através da sua *App* para dispositivos móveis com versões compatíveis para *Android* e *iOs MAC*. A empresa também tem um SDK (*Software Developers Kit*) para uso em *desktop*, mas esta ferramenta não foi empregada neste projeto.

A plataforma *Augment* é compatível com modelos 3D e oferece recursos de compartilhamento em diferentes meios como: código QR, *Facebook*, *Twitter*, *E-mail*, *Copy link*, Botão para seu *site* ou Mensagem de texto.

A plataforma *Augment* é uma ferramenta muito influente, com capacidade de envolver seus usuários e clientes de diferentes formas. O nível de engajamento de cada modelo pode ser analisado, mostrando o seu grau de aceitação e popularidade perante os demais.

O objetivo principal da *Augment* é impulsionar as vendas dos produtos postados oferecendo recursos de visualização em realidade aumentada. A plataforma conta com um *plugin* próprio para o acesso a conta de usuários e o carregamento de arquivos que podem ser em 3D e 2D. Este *plugin* é compatível com alguns *softwares* de modelagem 3D e este suporte é importante, porque oferece uma interação melhor com os diferentes formatos de arquivos 3D.

A implementação da tecnologia de RA oferece uma experiência enriquecedora com elementos reais e virtuais para seus usuários, através de dispositivos móveis com um processamento rápido e qualidade gráfica em 3D. O App da *Augment* oferece mecanismos tecnológicos suficientes que comprovam sua eficácia em dispositivos móveis, envolvendo seus usuários através do uso da RA.

O App da *Augment* possui usuários ativos em mais de 200 países e oferece acesso gratuito a diversos modelos postados em 3D com RA, por seus clientes em diversas categorias. O aplicativo da *Augment* está entre os melhores classificados nas plataformas *App Store Apple* e na *Google Play* por seus usuários.

Esta classificação demonstra a qualidade do App *Augment* sendo reconhecida pelos seus usuários espalhados pelo mundo. Através do aplicativo, os usuários têm acesso a 12 categorias diferentes, todas oferecem suporte à visualização em dispositivos móveis para plataformas IOS e MAc com uso de RA.

A *Augment* também oferece um sistema SDK (*Software Developers Kit*) Web com conteúdo em 3D de alta qualidade para diferentes plataformas como: desktop, iOS e *Android* para seus clientes.

A RA está impulsionando uma nova realidade de interação entre usuários e modelos em 3D. A visualização de modelos 3D melhora a percepção do todo sobre o modelo que se está visualizando, trazendo para o mundo real, em que seu usuário se encontra, um acréscimo de informação. Como exemplo, pode-se usar a situação de um cliente que deseja comprar uma estante e colocá-la em sua sala. A visualização do modelo em 3D da estante com a implementação de realidade aumentada no seu *smartphone* ou *tablet* proporciona uma simulação do objeto estante em escala real na sala antes mesmo de este cliente realizar a compra. Este é um exemplo de muitos que podem ser empregados a realidade aumentada em *E-commerce*.

Pode-se pensar em muitas outras formas de utilização da realidade aumentada como na educação, sendo empregada em livros técnicos através de *QR Code* para demonstrar simulações animadas do funcionamento de circuitos eletrônicos, algo que somente em textos técnicos pode ser muito mais maçante e complexo o seu entendimento.

A escolha do *software* de modelagem 3D foi influenciada pela forma que foram compartilhados os modelos 3D desenvolvidos. Para tanto, optou-se por fazer uso da plataforma *Augment*, mas para isto analisaram-se os *softwares* disponíveis de modelagem 3D compatíveis com seu *plugin*. Levou-se em consideração também o conjunto de requisitos técnicos deste projeto no item 3.1 que induziu na escolha do *software* de modelagem.

## 2.6.2 SOFTWARE SKETCHUP DE MODELOS 3D

O *site* da *Google* 2018 declara que os usuários do *Sketchup* são profissionais como: arquitetos, designers, construtores, engenheiros que trabalham com modelagem 3D. O *Sketchup* é um programa proprietário desenvolvido pela empresa americana *AT Last Software*. Em 2006 a *Google* anunciou a compra da *AT Last Software* se tornando proprietária do *Sketchup*. Atualmente existem duas versões disponíveis do *Sketchup*, uma denominada *Make*, que é uma versão gratuita e distribuída pela *Google*, e a versão *Pro*, com licença de uso paga.

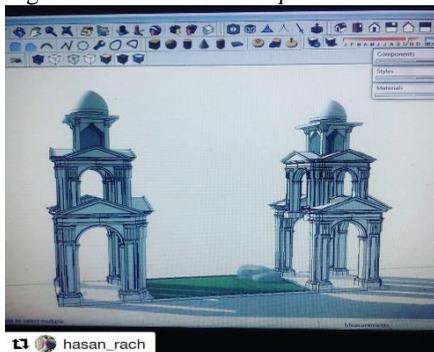
Inicialmente pode-se pensar que existem duas diferenças entre elas. A primeira versão distribuída gratuitamente não pode ser usada para fins comerciais, somente a versão *Pro* paga, pode ser usada com esta finalidade. A versão paga tem uma vasta gama de ferramentas e recursos que não se encontra na versão *Make*. A versão *Pro* pode ser baixada como uma versão de teste e utilizada por 30 dias. Após este período, esta versão deixa de funcionar.

O *Google* disponibiliza uma licença educacional com desconto especial na aquisição do *Sketchup*. O contrato de licença para usuário final prevê que a licença educacional é apenas para fins educacionais e não pode ser usada para fins comerciais ou outros fins lucrativos.

O *Sketchup* é o modelador 3D mais utilizado no planeta e sua versão *Pro* mais poderosa. As duas versões são extremamente fáceis de usar com um menu muito intuitivo, além de oferecer uma ampla gama de recursos *online* extras como mais de 587 *plugin* no *Extension Warehouse* em 11 categorias diferentes. Para a indústria, existe uma categoria própria subdividida em mais 13 itens.

A busca por modelos 3D *free* pode ser feita sem um cadastro prévio na plataforma *Warehouse*. Todos os profissionais que usam *Sketchup* têm direito a uma conta na biblioteca 3D *Warehouse*, ela aproxima os desenvolvedores e entusiastas por modelagem 3D, possibilita o compartilhamento de arquivos e experiência de forma gratuita. O *Sketchup* trabalha com ambos os formatos de arquivos 2D e 3D, mas seu destaque é na modelagem de arquivos 3D.

Figura 37- Tela do *Sketchup* e modelo 3D.



Fonte: <https://goo.gl/JZqtJX>

### 2.6.3 SOFTWARE 3D BLENDER

O *Blender* é um *software* multiplataforma e está disponível para o *Windows Vista* e versões acima, *Mac OSX 10.6* e superior e o *Linux*. O *Blender* é um *software* de código aberto desenvolvido sobre a licença *General Public License (GNU)* e é livre para qualquer finalidade. Foi lançado em 1998 e era uma aplicação do estúdio holandês de animação *NeoGeo Studio*.

O *Blender* é um *software* notável e oferece uma excelente qualidade no processamento de imagens e renderização e pode ser empregado em animações, modelagem, texturização, edição de vídeos, composição e desenvolvimento de jogos 3D. Importante destacar que o *Blender* inclui suporte a *Python* oferecendo recurso de programação em linguagem de *script*, tornando o *Bender* mais eficiente.

Embora o *Blender* seja um programa livre ele acaba por competir com outros programas de modelagem 3D pagos como: *3D Studio Max*, *Autodesk Maya*, *LightWave 3*. Oferece ferramentas com nível similar aos concorrentes, mas com características próprias. Pode-se afirmar que entre

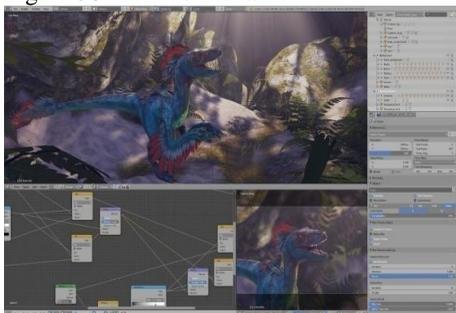
os *softwares* de modelagem 3D *free* para uso profissional o *Blender* está entre os melhores do mundo.

O *Blender* oferece uma vasta biblioteca de formatos de arquivos 2D, 3D e vídeos suportados tanto para importação e exportação. Pode ser empregado em projetos comerciais de grande porte sem apresentar problemas. A plataforma *Blender* tem maturidade e recursos para assumir grandes desafios e é um excelente exemplo de *software* livre de qualidade.

Atualmente a *Blender Foundation* é uma fundação independente sem fins lucrativos destinada a estabelecer mecanismo para melhorar o *Blender* através de seu código-fonte sob a licença GNU e prover mecanismo para que cubra as despesas da função. Também oferece suporte para usuários e desenvolvedores *Blender* do mundo todo. Sua sede fica em Amsterdã na Holanda. Ton Roosendaal é o presidente da *Blender Foundation*.

O *Blender* já foi um *software* proprietário em 2002, Ton Roosendaal fez um acordo com os investidores da *Not a Number* (NaN) para comprar os direitos do *Blender* por 100 mil Euros. Para realizar esta tarefa, Ton criou a *Blender Foundation* e a campanha “*Free Blender*”. Em sete semanas, foram arrecadados os 100 mil Euros para comprar os direitos do código-fonte e propriedade intelectual do *Blender* de seus investidores NAN. Em 2002 o *Blender* foi liberado na licença *General Public License* (GPL), livre para qualquer tipo de uso.

Figura 38- Tela do *Blender*.



Fonte: <https://www.blender.org/2-8/>

## 2.6.4 SOFTWARE 3D STUDIO MAX

O *3DsMax* é um *software* de modelagem 3D capaz de proporcionar trabalhos com: animação, desenvolvimento de jogos, comerciais para televisão e desenvolvimento de mundos virtuais. Pertence à empresa *Autodesk* fundada em 1982 com sede na Califórnia, Estados Unidos.

O *3Ds Max* trabalha com a linguagem de *script MaxScript*. Com ela o desenvolvedor pode automatizar tarefas, criar *interface*, *plugins*, entre outros. Todos estes recursos tornam o *3Ds Max* muito eficaz. É um excelente *software* para o desenvolvimento de animações e vídeo.

Licença do tipo assinatura é a forma que a *Autodesk* escolheu para comercializar o *3Ds Max*. O motivo principal apresentado pela companhia para aderir a esta mudança global é oferecer seus *softwares* por um preço inicial menor e uma vasta opção de ferramentas para seus clientes de acordo com suas necessidades. Portanto, não é mais possível adquirir uma licença perpétua do *3Ds Max*. O *software* é oferecido em sete idiomas diferentes, inclusive o Português do Brasil.

A política da *Autodesk* é disponibilizar seus *softwares* em licença por assinatura por período de tempo determinado, variando de um mês até três anos. Após o vencimento da assinatura, o usuário é obrigado a fazer sua renovação mediante seu pagamento, caso deseje continuar utilizando o *software*.

O *3Ds Max* oferece um suporte profissional para solução de problemas muito eficiente e rápido. O *Blender* não possui um suporte eficiente como o *3Ds Max*, e muitos problemas são solucionados pela própria comunidade em fórum. Estas soluções muitas vezes são imprecisas e demoram até alcançar a solução definitiva do problema. A dinâmica do negócio faz com que o tempo seja um objeto valioso e por este motivo o mercado utiliza muito *softwares* profissionais pagos. A licença de assinatura *Autodesk* garante sempre a última versão mais atual para seus clientes.

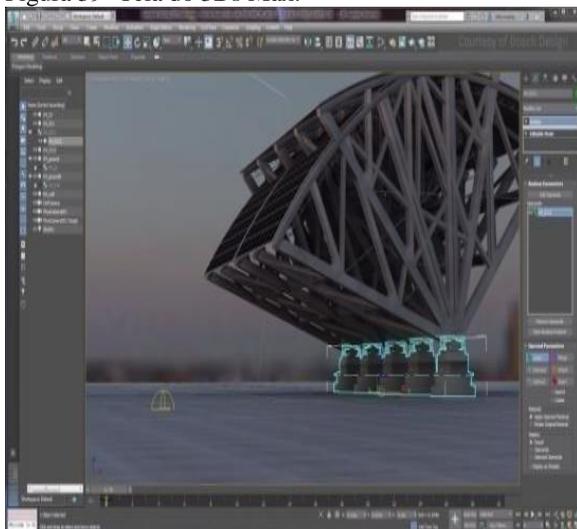
A plataforma online *Autodesk KnowLedge Network* oferece muitos recursos e proporciona a troca de experiências entre os profissionais e usuários. Existe uma divisão por tipo de cliente: Usuários e Desenvolvedores seguido de uma classificação por nível: iniciante, intermediário e avançado. A plataforma também oferece material de estudo e documentação.

A política de licença de *software* por assinatura adotada pela *Autodesk* é bem inovadora e visa facilitar o acesso às suas ferramentas tecnológicas por usuários e clientes que não dispõem de uma quantia vultosa para investir na aquisição dos seus *softwares* profissionais. Os seus clientes podem somente fazer a assinatura de uma licença quando realmente tiverem a necessidade de uma ferramenta específica para desenvolvimento de seus projetos durante o período que durar esta necessidade. O projeto, estando concluído e não tendo mais esta necessidade, o cliente não precisa fazer a renovação de sua assinatura,

ficando a critério do cliente o período de tempo e quais *softwares* deseja fazer a assinatura.

É importante destacar que esta forma de comércio também combate o uso de *software* pirata, porque oferece acesso a *software* profissional para qualquer usuário, sem a necessidade de realizar a compra de uma licença cara na modalidade perpétua. Em um projeto bem estruturado, esta política de negócio pode trazer uma economia substancial no custo de desenvolvimento, já que, além do conhecimento e capital humano envolvido, a aquisição de ferramentas tecnológicas envolve o custo de licenças originais e devidamente registradas.

Figura 39- Tela do 3Ds Max.



Fonte: <https://www.autodesk.com.br/products/3ds-max/features>

## 2.6.5 SOFTWARE CINEMA 4D

O cinema 4D é um *software* desenvolvido pela empresa Alemã *MaxonComputer* em 1991, é de licença proprietária paga, mas também oferece uma licença de teste por 42 dias. Atualmente a Maxon comercializa quatro versões diferentes do Cinema 4D, basicamente o que muda entre elas são suas ferramentas, variando a quantidade de recursos técnicos entre elas e o preço. O cinema 4D trabalha com a linguagem de *scriptCOFFEE*, sua segunda linguagem de *script* é a *Python* e se destaca por ter mais recursos que a *COFFEE*.

Para as próximas versões do Cinema 4D, a Maxon declara que não haverá mais recursos em *COFFEE* no *software*, será removido o suporte aos seus *scripts* e *plugins*. Recomenda-se que se use o *Python* e o *C++* no lugar da *COFFEE*. Esta decisão vem aborrecendo muito desenvolvedores e usuários que já estavam acostumados a usar *COFFEE* nos seus projetos.

O Cinema 4D também se destaca por ser um modelador 3D multiplataforma, podendo rodar em sistema operacional *Windows* e *Macintosh OS*. O cinema 4D é um *software* muito eficiente e empregado em diversos projetos profissionais, mas, como todo o *software* gráfico, requer uma máquina potente para seu funcionamento adequado.

Figura 40- Tela do Cinema 4D.



Fonte: <http://www.Augment.com/help/cinema4d/>

A Maxon disponibiliza uma versão do Cinema 4D para estudantes, perante um cadastro na sua plataforma *online* e uma comprovação de vínculo a alguma instituição de ensino. Esta licença não tem custo algum e só pode ser usada para fins educacionais e somente em uma máquina, sua validade é de 18 meses. Após este período, o estudante pode renovar novamente sua licença. Para aqueles que desejarem se tornar profissionais, a Maxon oferece planos especiais com desconto nas licenças do Cinema 4D.

## 2.6.6 SOFTWARE FORMZ

*FormZ* é um *software* de modelagem 3D proprietário, foi lançado pela *AutoDesSys* em 1991. Suas especialidades são animação, renderização, modelos fotográficos e modelagem 3D. O *FormZ* traz recursos muito usados por *designers*, ilustradores, engenheiros e arquitetos. O *software* possui três versões diferentes: *FormZpro* é a versão mais completa e *FormZ Jr* é uma versão mais limitada em relação à *Z pro*, porque oferece uma quantidade de recursos menor. A *FormZ Livre* é uma versão disponível para o público em geral e se destaca por oferecer uma modelagem de objetos e impressão em 3D de qualidade. Esta versão não tem restrição para uso profissional, acadêmico ou doméstico. Um excelente programa para quem quer dar os primeiros passos na modelagem 3D.

Figura 41- Tela *Form Z pro*.



Fonte: <http://www.software.com.br/p/form-z-pro>

A *AutoDesSys* oferece benefício especial para professores e estudantes de universidades e escolas, uma licença completa gratuita por um período de 12 meses, podendo ser renovada. O *plugin* de renderização *RenderZone* também está incluso nesta licença, para tanto, é necessário um cadastro e um comprovante de vínculo a uma instituição de ensino que se enquadre às exigências do programa *Student Edition*. Materiais com vídeos e manuais estão disponíveis para os estudantes e usuários começarem a aprender a usar o *FormZ* de forma profissional.

### 2.6.7 SOFTWARE STRATA 3D

A *Strata* é uma empresa americana do setor de tecnologia e lançou seu primeiro produto em 1989. O *software Strata 3D CX 8* é um programa de modelagem 3D, seu forte é o design gráfico de objetos e ambientes. Este *software* é direcionado ao mercado de ilustração e multimídia. O *Design Strate CX 8* é um *software* multiplataforma que pode rodar em sistema operacional *Windows* e *Mac Os*.

A versão *free* do *Strata* pode ser usada por um período de teste de 30 dias. Para instituições de ensino, oferece condições especiais com planos de assinatura mensal por máquina. A vantagem da versão *Strata 3D CX 8* é o suporte para desenvolvimento de arquivos em realidade virtual, câmera 360°, modelagem 3D de ambientes virtuais, além de oferecer os benefícios técnicos de cada programa *Strata*, podendo atuar em projetos com necessidades variadas, o que somente um *software* da companhia não atenderia a esta gama de necessidade sozinha.

O *software Design 3D CX 8* é compatível com *Adobe Photoshop*, podendo acrescentar novos recursos para seu projeto, também oferece suporte para impressora 3D. Com ela você pode fazer uma cópia física dos seus modelos 3D criados no *Design 3D*.

Figura 42- *Strata Design Suite*.



Fonte: <https://www.strata.com/design-suite/>

## 2.7 SOFTWARES QUE PERMITEM TRABALHAR COM RA E RV

Nesta seção serão apresentados alguns *softwares* que permitem o desenvolvimento de modelos em 3D e 2D para projetos em realidade aumentada e realidade Virtual.

### 2.7.1 UNITY

A *Unity Technologies* foi fundada em 2004, seu *software Unity* é um potente motor de jogo 3D e uma *Integrated Development Environment (IDE)*. O *software* possui direitos autorais próprios, disponibilizado em multiplataforma, que suporta o desenvolvimento em 2D e 3D. No ano de 2008, a *Apple* fez o lançamento de sua *App Store*, e este fato beneficiou a *Unity Technologies*, pois muitos *games* foram desenvolvidos com seu *software Unity* para *App Store* da *Apple*, fazendo com que uma parte maior deste mercado em crescimento passasse para a *Unity Technologies*.

Atualmente, existem três versões do *software Unity*, são elas: *Unity Personal*, *Unity Plus* e *Unity Pro*. A versão *Unity Personal* é gratuita e pode ser usada para fins comerciais, mas esta versão tem algumas limitações técnicas de recursos e ferramentas que a versão *Personal* não oferece em relação à versão *Plus* e *Pro* do *Unity*. Uma breve comparação: a versão *Personal* oferece suporte para 20 usuários simultâneos, a versão *Plus* para 50, já a versão *Pro* para 200.

A *Unity Technologies* oferece o benefício do pagamento mensal, mas impõe um período de compromisso de 12 meses para seus clientes se o mesmo desejar passar de uma licença *Plus* para licença *Pro* este período de compromisso é contabilizado integralmente. Todo este processo de aquisição de licença é feito no próprio portal da *Unity*, e o cliente também pode assinar quantas licenças desejar na sua conta.

#### 2.7.1.1 UNITY RA, VIRTUAL E MISTA

A *Unity* declara que mais de dois terços das experiências em realidade aumentada e virtual são desenvolvidas na sua plataforma *Unity Engine*. Seu *software Unity* oferece ferramentas que dão suporte para o desenvolvimento de realidade aumentada, realidade virtual e também a realidade mista no *Hololens* da *Microsoft*.

A plataforma *Unity* oferece compatibilidade para uma ampla gama de plataformas e suporte nativo para: *Oculus Rift*, *Steam RV*, *Vive*, *Play Station RV*, *Gear RV*, *Microsoft Hololens* e *Day dream View* da *Google*. Além destas plataformas, a *Unity* oferece suporte e ferramentas para o desenvolvedor poder criar seu trabalho e implementar onde quiser, mostrando a eficiência da *Unity Engine*. Uma característica marcante da *Unity* é que ela oferece suporte a mais de 25 plataformas diferentes na sua *Engine*, algo que nenhuma outra *Engine* de criação consegue alcançar.

A *Unity* é ideal para desenvolvimento de *games* em dispositivos móveis e vem melhorando sua renderização de imagens. A versão *Unity 2017/2* oferece recursos nativos para os *softwares* da *Autodesk 3Ds Max* e *Maya*. Esta parceria oferece uma integração superior na *Unity Engine* e os arquivos *FilmBoX* (FBX) da *Autodesk* no quesito importação, exportação.

Os *Plugins* de fabricantes independentes como: *Cardboard SDK* para *Unity*, *OSVR*, *MergeVR* e *Vuforia* estão disponíveis paga *Unity Engine*. O *plugin Vuforia* oferece suporte para o desenvolvimento em aparelhos móveis compatíveis com: *Android*, *iOS* e Plataforma Universal do *Windows* (UWP). Também para óculos como: *Glasses* de realidade aumentada, *Hololens* e virtual de alguns fabricantes são suportados pelo *Vuforia*.

A gama de aparelhos compatíveis com o *plugin* vem crescendo, pois é um importante *plugin* para implementar realidade aumentada, o qual é muito utilizado em projetos profissionais por equipes do mundo todo.

## 2.7.2 UNREAL ENGINE

A *Unreal Engine* é um motor de jogos 3D que possui direitos autorais próprios e multiplataformas que foram desenvolvidas em 1998 pela *Epic Games*. A *Engine* ganhou destaque mundial, quando foi usada para criar o jogo de tiro de primeira pessoa *Unreal*. Este jogo fez muito sucesso e, a partir daí, a *Unreal Engine* foi usada para o desenvolvimento de outros jogos e foi ganhando novas versões com atualizações importantes no seus sistemas e bibliotecas, oferecendo uma melhor renderização de imagens agora em tempo real de execução, inteligência artificial, modelagem avançada de objetos 2D e 3D para *games* nestes formatos, e recursos avançados para a criação de partículas de material.

É uma *Engine* importante com recurso de física tão avançado que até a *NASA* utiliza o *Unreal* para projetos de pesquisa e desenvolvimento espaciais. A *Engine* são multiplataformas e pode rodar em sistema

operacional *Windows*, *MacOs* e *Linux* para o desenvolvimento de *games*. É concorrente da *Unity*, mas difere em muitos pontos e características.

A *Unity* consegue oferecer uma gama maior de plataformas suportadas para o desenvolvimento de *games*, já a *Unreal* é menor, mas a qualidade gráfica dos *games* é melhor. Outra característica muito marcante para o desenvolvimento em *Unreal* é que os requisitos de *hardwares* são muito elevados e um detalhe bem importante, que dificulta seu uso, é o fato de que muitos desenvolvedores iniciantes não têm uma máquina compatível para trabalhar com seu motor de *games*. Obviamente este requisito varia de acordo com os tipos de *games* e plataformas que deseja desenvolver, mas em geral as exigências de *hardware* da *Unreal* são maiores do que as da *Unity*.

A *Epic Games* oferece somente uma versão da *Unreal Engine*. Para fins educacionais, não há custo algum e pode ser baixada e instalada sem restrição por escolas e instituições de ensino, o usuário conta com atualizações constantes e tem acesso a outros recursos da plataforma de forma gratuita. Para uso profissional, a *Epic Games* exige o pagamento de *royalty* no valor de 5% sobre os ganhos do projeto desenvolvido no *Unreal Engine*. Existe uma classificação destes ganhos para que somente quando alcançar um valor mínimo passe a contribuir para *Epic Games*, estas informações precisam ser passadas para companhia através de um formulário fornecido pela plataforma *Unreal* na conta de desenvolvedor. Estes valores de ganhos podem ser auditados pela *Epic Games* a qualquer momento. É importante destacar que, num primeiro momento, a *Epic Games* oferece um produto de qualidade e atualizado para o desenvolvimento de projetos, mas somente se o *game* ou projeto adquire um ganho mínimo estipulado pela licença de uso é que o desenvolvedor passa a pagar *royalty* para *Epic Games*. Esta iniciativa incentiva muito o uso da *Unreal*. Observa-se aqui a diferença em relação à *Unity* e seus concorrentes, pois a licença de uso profissional é paga através de planos de mensalidade e não é cobrado *royalty*.

A plataforma *Web* da *Unreal Engine* também oferece uma loja virtual em que usuários e desenvolvedores podem comprar e vender conteúdos para serem utilizados em projetos no *Unreal*. Existe uma vasta gama de acessórios como: sons, animações, códigos em C++, materiais, etc. Estas ferramentas visam agilizar o processo de desenvolvimento de *games* e experiências no *Unreal*. A *Unreal* é baixada por seu portal *web* e seus usuários precisam fazer um registro com senha e *login*, através deste registro é liberado acesso à loja *online*.

### 2.7.3 UNREAL RA E RV

A *Unreal Engine* oferece suporte para o desenvolvimento de projetos em realidade aumentada e realidade virtual. A *Epic Games* tem parceria com os mais importantes desenvolvedores de *hardwares* e *softwares* para dispositivos móveis. As atualizações de suas ferramentas são constantes para estes dispositivos.

Nesta parceria estão: *Oculus Rift*, *Steam VR / HTC Vive*, *Play Station VR*, *Mac*, *iOS / ARKit*, *Google ARCore*, *Samsung Gear VR*, *Google VR*, *OSVR* e *Leap Motion*.

A *Engine* oferece suporte para o desenvolvimento de projetos para 2D e 3D em diversas plataformas. Um diferencial da *Unreal Engine* é poder oferecer *pixels* fotorrealistas com uma qualidade final muito avançada em tempo real, enquanto alguns concorrentes oferecem 3D em tempo real.

A necessidade de um processamento avançado justifica as exigências de *hardware* que a *Unreal Engine* precisa para sua execução e desenvolvimento, estes fatores influenciam diretamente na qualidade visual do projeto. A *Engine* oferece compatibilidade com diversos *plugins* para desenvolver com realidade aumentada. Porém a própria *Epic Games* declara que o forte da *Unreal Engine* é em projetos com RV.

## 2.8 OUTROS SOFTWARES QUE PERMITEM DESENVOLVER RA E RV

Existem várias outras ferramentas no mercado aptas ao desenvolvimento de RA e RV que não foram descritas em detalhe neste trabalho, porque não foram usadas ou não são compatíveis com a plataforma *Augment* como: *ARToolkit*, *EON Reality*, *OpenSpace3D*, *ENTiTi Creator*, *INSCAPE*, *INSTAVR*, *VIZOR*, *CoSpaces*, *ThingLink*, *3DVIA Studio Pro*, *WorldViz*.

Optou-se em descrever em detalhes a *Unity Engine* e *Unreal Engine*, porque são os maiores motores de desenvolvimentos de *games*. Com suporte a realidade aumentada, virtual e mista, oferecem suporte nativo de *hardware* e *software* para a maior coleção de dispositivos móveis.

Com o decorrer dos anos, estima-se que a realidade aumentada, realidade virtual e realidade mista se popularizarão cada vez mais, e este fato importante fará com que o mercado acabe por se interessar mais ainda por estas tecnologias. Um número maior de ferramentas surgirá e mais empresas passarão a desenvolver seus produtos para estas tecnologias.

## 2.9 TRABALHOS RELACIONADOS

Foram realizadas buscas nas bases científicas: *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE), através do acesso remoto via CAFe (Comunidade Acadêmica Federada) pelo portal de Periódicos Capes, levando em consideração duas sequências de termos distintos do idioma Inglês: *Augmented Reality Chess* e *Chess And Augmented Reality*. Optou-se por escolher somente artigos científicos no idioma Inglês e disponibilizados de forma gratuita no acesso CAFe.

Quadro 1- Busca nas base de dados (IEEE), 2018.

### Base de dados (IEEE)

Termos da Busca:

*Augmented Reality Chess*;

*Chess And (Augment Reality)*;

Data de publicação: 2001 até 2018.

Foram selecionados apenas quatro artigos científicos que abordam desenvolvimento de tecnologias de RA para o jogo de xadrez.

Fonte: base de dados IEEE e Periódicos Capes.

A seguir descreve-se um resumo dos quatro artigos selecionados. A busca foi realizada sem restrição de data, sendo feita de forma separada nos dois termos. Dois artigos não foram selecionados porque não faziam uso da tecnologia de realidade aumentada no jogo de xadrez.

O primeiro artigo Bikos et al.(2015), no seu trabalho intitulado *An Interactive Augmented Reality Chess Game Using Bare-Hand Pinch Gestures*, descreve o desenvolvimento de um jogo de xadrez clássico, com modelos em 3D renderizado em um sistema computacional específico, que para executar é necessário um PC (*Personal Computer*), este sistema realiza a leitura de marcadores de papel por meio de uma câmera e o movimento das peças é feito através do movimento do polegar e do dedo indicador do jogador.

O trabalho se destaca quanto ao uso da IA (Inteligência Artificial), a identificação do movimento das peças, a interação de uma partida com um jogador virtual. Podemos citar algumas diferenças entre o que é apresentado no artigo e o protótipo desenvolvido nesta pesquisa, são elas: O *Hand Pinch Gestures* precisa de PC, câmera e marcadores de papel para funcionar. Já o protótipo desenvolvido neste trabalho de mestrado é disponibilizado para dispositivo móvel, bastando apenas um *smartphone* ou *tablet* com acesso à internet. O artigo apresenta um jogo de xadrez

clássico, respeitando todas as regras da FIDE. O protótipo apresenta três jogos de xadrez modificados.

O segundo artigo Wang e Shi (2014), intitulado *Recognizing Chessboard and Positioning Checkboard in Chinese Chess Game System*, apresenta o desenvolvimento de um sistema computacional com tecnologia de realidade aumentada para o jogo de xadrez em que é realizado o reconhecimento das linhas entre cada casa do tabuleiro de xadrez Chinês, empregando fórmulas matemática e uma câmera para delimitar o espaço e seu comprimento.

As diferenças que podem ser percebidas entre o protótipo desenvolvido é que este sistema apenas identifica e mostra as linhas do tabuleiro de xadrez com realidade em um sistema funcionando dentro de uma plataforma para PC, não sendo compatível com plataformas de dispositivos móveis, o que limita muito seu uso e popularização. Este sistema se limita em mostrar linhas sobre as casas que fazem parte do tabuleiro de xadrez, excluindo as demais peças do jogo e sua movimentação. Diferente do protótipo desenvolvido que mostra a movimentação das peças animadas em 3D, podendo fazer ou não uso de marcadores físicos e digitais para sua renderização em tempo real.

O terceiro artigo de Dorfmueller-ulhaas e Schmalstieg (2001), intitulado *Finger tracking for interaction in Augmented environments*, apresenta o desenvolvimento de um sistema de rastreamento da mão para substituir outros dispositivos de entrada, como mouse sendo empregado em um jogo de xadrez clássico com realidade aumentada. O usuário interage com as peças do xadrez e executando a ação através do movimento da mão sem a necessidade de outros dispositivos para realizar estes comandos. Existem alguns pontos que podemos diferenciar do trabalho desenvolvido nesta pesquisa. Este sistema para funcionar precisa de um PC, câmera, uma mão de usuário previamente cadastrada, uma iluminação do ambiente calibrada no *software*. Todos estes pontos limitam sua aplicação, já que outras pessoas não podem fazer uso do seu rastreamento de mão sem o prévio carregamento de suas características físicas para o sistema obedecer a seus comandos.

O quarto artigo de Xie, Tang e Hoff (2018), no trabalho *Chess Piece Recognition Using Oriented Chamfer Matching with a Comparison to CNN*, apresenta o desenvolvimento de um Sistema de reconhecimento computacional 3D com realidade aumentada para diferentes peças do xadrez clássico a partir de uma única imagem, sob condições de jogo. Esse sistema precisa de um PC, câmera e um jogo de xadrez físicos. O sistema apresenta para o usuário orientações pertinentes como instruções sobre cada peça do jogo durante uma partida de xadrez. As diferenças

encontradas são: necessidade de PC, dificuldade em reconhecer algumas peças do xadrez a partir de alguns ângulos.

Com a realização de uma análise mais profunda dos quatro artigos da base IEEE, comparando com o trabalho desenvolvido nesta pesquisa, podem-se destacar vantagens e desvantagens entre estes trabalhos. Uma das desvantagens apresentada nestes artigos é a sua aplicação ter sido limitada a funcionar somente em arquitetura de sistema PC, não oportunizando a seus usuários a portabilidade como a oferecida pelos dispositivos móveis, mas, por outro lado, uma das vantagens é oferecer uma contribuição significativa no âmbito da aplicação da RA em jogos de xadrez.

Já o presente trabalho desenvolvido nesta pesquisa se destaca perante os outros trabalhos analisados no quesito compartilhamento de recursos de RA em jogos de xadrez modificados através de dispositivos móveis em múltiplas arquiteturas, como IOS, *Android* e PC, portanto não limita-se somente ao PC. Além disso, é compatível com marcadores físicos e digitais, podendo ser usados através de redes sociais como: *Facebook*, *Whatsapp*, *Twitter*, entre outros.

O trabalho apresenta uma capacidade de engajar as pessoas com a tecnologia e os recursos disponíveis atualmente nos *smartphones* e *tablets*. Estes recursos tecnológicos ainda não haviam sido desenvolvidos ou citados em nenhum dos quatro artigos analisados nesta etapa da pesquisa.

### 3 ELABORAÇÃO DO PROJETO

Neste capítulo serão apresentados os passos referente ao desenvolvimento de modelos em 3D do jogo de xadrez com realidade aumentada para dispositivos móveis.

#### 3.1 REQUISITOS DE *SOFTWARES* PARA O DESENVOLVIMENTO DE MODELOS 3D

Para o desenvolvimento de modelos 3D de tabuleiro de xadrez, criaram-se alguns requisitos técnicos na escolha do *software* a ser usado neste projeto são eles:

##### Quadro 2- Requisitos Técnicos.

1. O *software* deve ser gratuito (*free*) ou possuir uma licença de uso para fins educacionais gratuita;
2. O *software* deve oferecer recursos computacionais de modelagem 3D profissional com uma vasta gama de ferramentas de edição;
3. O *software* deve proporcionar o desenvolvimento de modelagem 3D compatível com dispositivos móveis e oferecer recursos próprios ou de terceiros para implementação de realidade aumentada;
4. O *software* deve oferecer qualidade gráfica compatível com dispositivos móveis sem exigir um alto custo de processamento dos aparelhos;
5. O *software* deve oferecer suporte e atualizações;
6. O *software* deve ser multiplataforma, ou seja, deve funcionar em dispositivos móveis como *smartphones* e *tablets* com sistema *Android* e *iOS Mac*.

Fonte: Autor.

#### 3.2 *SKETCHUP*

A partir destes requisitos técnicos, partiu-se para a busca do melhor *software* de modelagem 3D para o desenvolvimento dos tabuleiros de xadrez. O primeiro *software* utilizado para desenvolver o tabuleiro foi o *Sketchup* da Google. Este se mostrou um *software* muito bom com ferramentas adequadas para o projeto e suporte a RA através de *plugins* de desenvolvedores externos. Criaram-se alguns modelos e os resultados obtidos foram satisfatórios, mas havia outros *softwares*

mais sofisticados que se enquadram nos requisitos técnicos. Portanto, optou-se por fazer mais testes em outros *softwares* de modelagem 3D.

### 3.3 UNREAL ENGINE

O segundo *software* usado foi o *Unreal Engine* da *Epic Games*. Foi necessário realizar um cadastro em sua plataforma *online* para baixar a última versão *free*. As primeiras impressões foram excelentes, é um *software* que oferece diversos recursos na sua biblioteca de materiais e ferramentas ideais para o desenvolvimento de *games*. O *software* oferece suporte a RA e RV e é muito empregado em projetos com estas tecnologias.

Os requisitos de *hardware* no *Unreal Engine* são muitos elevados, ou seja, o *software* requer uma máquina muito potente para funcionar de forma adequada. No uso em edição gráfica é obrigatória uma placa de vídeo potente, além de processador e memória operativa. Este é um *software* muito eficaz, mas cobra seu preço exigindo uma máquina extremamente potente ou com uma configuração mínima adequada para funcionar. Estes requisitos podem variar dependendo do projeto que se deseja desenvolver.

No projeto foi utilizado um notebook Dell *Inspiron* 14 Série 3000 com processador i3, memória de 4GB e um Disco Rígido de 1TB. Este computador pessoal oferece uma configuração adequada para uso normal para pesquisa e laser, mas não é a mais adequada para desenvolvimento do projeto em *Unreal Engine*, isto inclui tarefas de modelagem de arquivos 3D. Por diversas vezes, houve travamento no *notebook* no momento da modelagem dos arquivos 3D, um claro sinal da necessidade de um *hardware* mais potente para suprir de forma adequada as necessidades que o *Unreal Engine* exige.

Para verificar se não estava acontecendo algum outro problema que pudesse ser o causador do travamento no *notebook*, fez-se uso do *software* da *Dell Support Assist*, realizando uma verificação do sistema, sendo tudo aprovado nos testes realizados. Isto demonstra que o *notebook* está em perfeitas condições de uso, sem nenhum problema de *hardware* ou *software* encontrado nos dois testes realizados.

O arquivo 3D inserido na *Unreal Engine* ficou muito grande, com um tamanho não recomendado para o projeto (aproximadamente 282 MB divididos em 37 pastas). O tamanho final do arquivo é importante, e em conjunto com a velocidade de *download* determinam o tempo que levará para baixar os arquivos 3D para o dispositivo do

usuário. Uma possível solução para este problema seria baixar a qualidade gráfica dos modelos 3D de xadrez, diminuindo o tamanho dos arquivos, facilitando seu uso através das redes móveis, mas esta solução estava fora de questão, pois o objetivo do projeto é unir qualidade visual na modelagem 3D e um tamanho de arquivo adequado para redes móveis através de *smartphone* e *tablets*.

Em virtude da velocidade de *internet* móvel no Brasil ser muito lenta em relação à *internet Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL)*, optou-se por criar arquivos 3D compatíveis com a *internet* móvel. Para esta alternativa, buscou-se outro *software* de modelagem 3D que criasse arquivos menores sem comprometer sua qualidade visual e com requisitos de *hardware* adequados para o tipo de máquina que se dispõe para o desenvolvimento deste projeto.

### 3.4 UNITY ENGINE

O terceiro *software* testado foi o *Unity Engine*, que é um *software* muito mais leve que o *Unreal*, mais adequado para a máquina utilizada, de melhor adaptação com os menus do *Unity* e sua plataforma *online*. O portal da *Unity* merece destaque, pois se apresenta acessível, permitindo a busca de diferentes informações sobre o *software* e sua documentação. Fez-se necessário um cadastro prévio para baixar a sua versão *free*.

Uma qualidade que o *Unity* oferece e que merece destaque é sua compatibilidade com diferentes recursos como: realidade aumentada, realidade virtual e realidade mista no *hololens* da *Microsoft*. O projeto engloba o desenvolvimento de modelos 3D de tabuleiro de xadrez em RA para dispositivos móveis, porém, para projetos futuros, os arquivos modelados em 3D no *Unity* podem ser implementados através da sua *Engine* em mais de 25 plataformas diferentes e com diferentes realidades, comprovando ser a *Engine* a mais potente nos quesitos de compartilhamento em plataformas e realidades diferentes.

De acordo com as necessidades do projeto, o objetivo principal é a realidade aumentada em dispositivos móveis, portanto a pesquisa por *softwares* que ofereçam suporte para o desenvolvimento de modelos em 3D com realidade aumentada continuou. Para projetos futuros que possam englobar múltiplas realidades a *Unity Engine*, se mostra muito adequada, pois, nos testes realizados, o *software* desenvolveu-se muito bem, até este momento a *Unity* se mostrou um excelente motor de *games* e RA.

O modelo 3D inserido no *Unity* ainda apresenta um tamanho significativo (aproximadamente 40.9 MB, divididos em 279 pastas), mas menor que os obtidos na *Unreal Engine*. Continuou-se na busca por uma

ferramenta para o desenvolvimento dos modelos 3D, que alcançasse qualidade na modelagem e um formato de arquivo com tamanho compatível para a utilização em dispositivos móveis, de forma rápida e leve, sem comprometer o processamento do aparelho e que fosse adequada para velocidade de *download* da internet móvel.

Arquivos em 3D são maiores que um arquivo padrão normal de imagem. Quando implementada a tecnologia de RA em ambientes reais, o processamento deste aparelho não pode ficar comprometido com arquivos pesados. Uma opção para este problema poderá ser implementar através da modelagem de texturas simples com poucos detalhes, pois, dessa maneira, diminui muito o tamanho do arquivo modelado, mas compromete sua qualidade visual, esta decisão pode desagradar usuários. A resolução também afeta no tamanho do arquivo modelado e estes fatores influenciam diretamente no seu *download* e carregamento no dispositivo móvel.

Levou-se em consideração o fator de a conexão de *internet* móvel no Brasil ser muito lenta, para tanto a preocupação foi em criar arquivos leves compatíveis com a conexão móvel usada pela maioria dos usuários brasileiros e manter uma qualidade gráfica vista como adequada para a maioria dos usuários deste projeto.

### 3.5 CINEMA 4D

O próximo *software* utilizado foi o Cinema 4D R19 em sua licença de uso educacional *Student*. O *software* é de uso profissional multiplataforma demodelagem 3D com recursos de texturização, iluminação, animação e renderização 3D excelentes. Tem um leque de ferramentas úteis, não requer um computador muito potente para sua execução. Todos os modelos desenvolvidos e postados na plataforma *Augment* mostraram uma qualidade boa, compatível com os requisitos técnicos.

Um dos destaques é o tamanho dos modelos 3D que ficou adequado (aproximadamente 4,92 MB em um arquivo único C4D) para o uso em dispositivos móveis, podendo ser carregados em aparelhos com poucos recursos de processamento sem comprometer sua qualidade gráfica visual ou o processamento dos outros processos do dispositivo. Desta forma, usuários com *smartphone* ou *tablet* simples com poucos recursos de processamento e memória limitada podem usar em seus dispositivos os modelos 3D desenvolvidos, já que se buscou criar modelos que fossem compatíveis com estes dispositivos sem onerar a qualidade visual ou seu processamento interno.

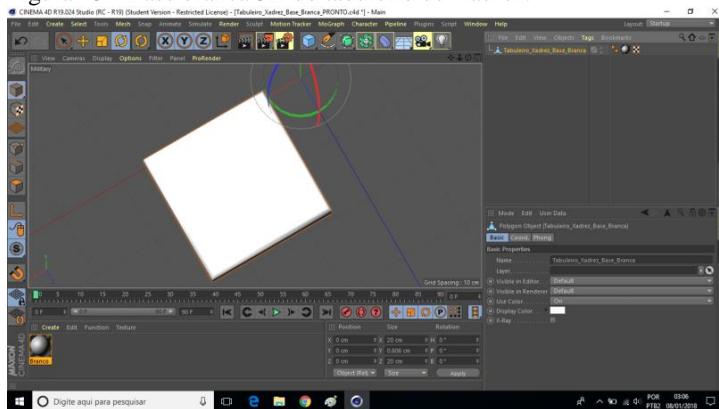
O arquivo criado no Cinema 4D é aproximadamente oito vezes menor em relação o projeto criado no *Unity* e aproximadamente 58 vezes menor em relação o projeto criado no *Unreal* em termos de memória ocupada no disco. O modelo desenvolvido no Cinema 4D é um arquivo único no formato *C4D*, diferente da *Engine Unity* que criou de forma automática 279 pastas e da *Engine Unreal* que criou também de forma automática 37 pastas. Para realizar esta comparação, importou-se o objeto modelado no Cinema 4D no formato de extensão OBJ (*Object File Wavefront 3D*) para o *Unreal* e DAE (*Collaborative Design Activity*) para *Unity*.

Optou-se por criar cada objeto separadamente e no final os diversos arquivos 3D foram unidos em um único arquivo formando o tabuleiro de xadrez 3D por completo no formato *C4D*. Este arquivo recebeu o nome de arquivo principal no projeto. O desenvolvimento de modelos em 3D separados é mais oportuno do que criá-los todos em um único arquivo. Outro motivo é não sobrecarregar a máquina utilizada para desenvolver, dividir as tarefas em arquivos separados diminui a exigência de processamento do projeto, evitando lentidão e possíveis travamentos na modelagem em 3D. Foi possível observar que a única desvantagem que se nota é na hora da renderização, pode demorar horas, dependendo do *hardware* empregado para esta tarefa.

### 3.5.1 MODELAGEM DO TABULEIRO

Como primeiro passo, desenvolveu-se a base do tabuleiro, criou-se um polígono regular de forma quadrada com uma variação de luz nas laterais, uma base plana toda branca medindo 20 cm nas suas laterais com uma altura de 0.606 cm. O arquivo tem suas configurações nas coordenadas para escala de tamanho 1 nos eixos Y verde, Z azul, X vermelho. O modelo tem um ângulo limite de quebra de borda de 80° padrão.

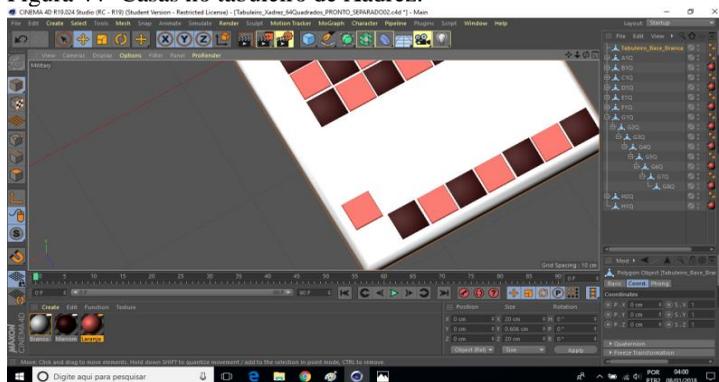
Figura 43 - Base branca 3D do tabuleiro de Xadrez.



Fonte: Autor.

Na segunda parte, criaram-se as 64 casas no tabuleiro de xadrez com as cores laranja e marrom. Cada casa corresponde a um quadrado e estão dispostas em 8 colunas na vertical e 8 linhas na horizontal, sua largura é de 2.193 cm com altura de 0.042 cm escala de tamanho 1 padrão nos eixos X, Y, Z deste projeto.

Figura 44- Casas no tabuleiro de Xadrez.

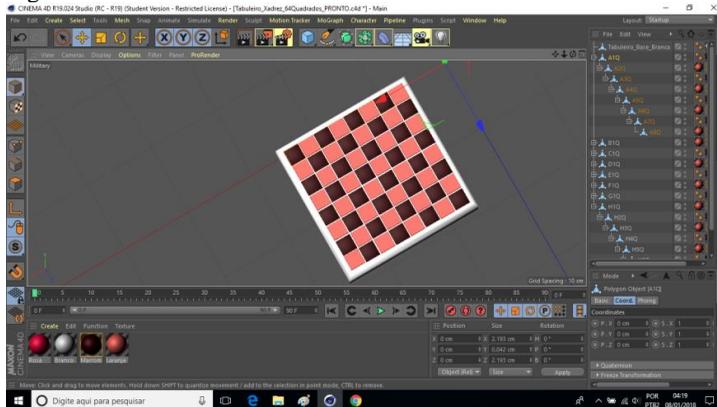


Fonte: Autor.

A fim de aproveitar a autonomia no desenvolvimento de modelos 3D, os objetos nesta cena compartilham suas características, mas podem ser usados de forma independente na cena ou ser empregados em outros projetos.

Após o desenvolvimento do arquivo do tabuleiro de xadrez 3D, todas as 64 casas foram organizadas sobre a base branca do arquivo principal. Foi necessário realizar ajustes nas casas em relação à sua base e seus eixos no arquivo principal. Para o arquivo principal, todas as peças são objetos diferentes com nomes diferentes e hierarquia. A figura 45 ilustra a hierarquia dos objetos 3D no menu lateral do Cinema 4D R19 *Student* janela *Objects*.

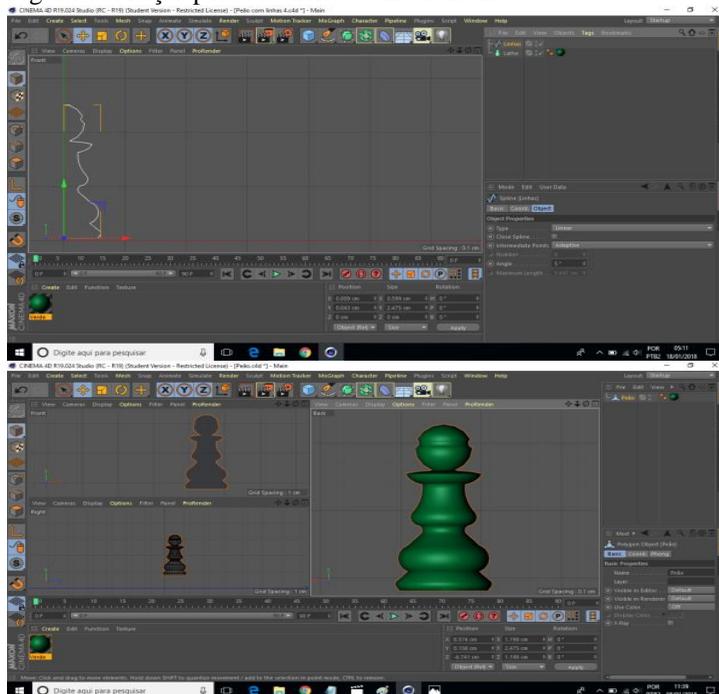
Figura 45- Tabuleiro de Xadrez 3D.



Fonte: Autor.

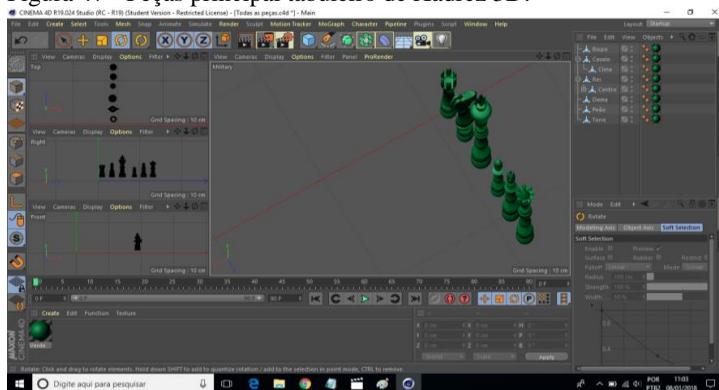
O terceiro passo foi modelar as peças do tabuleiro de Xadrez em 3D. Cada peça foi modelada em arquivo separado. Peças que se repetem como: peão, cavalo, torre, bispo foram modeladas somente uma vez. No arquivo principal Tabuleiro de xadrez, todas as peças foram repetidas em um novo modelo independente do original com estância, posição e propriedades de cor diferente.

Figura 46- Peças peão tabuleiro de Xadrez 3D.



Fonte: Autor.

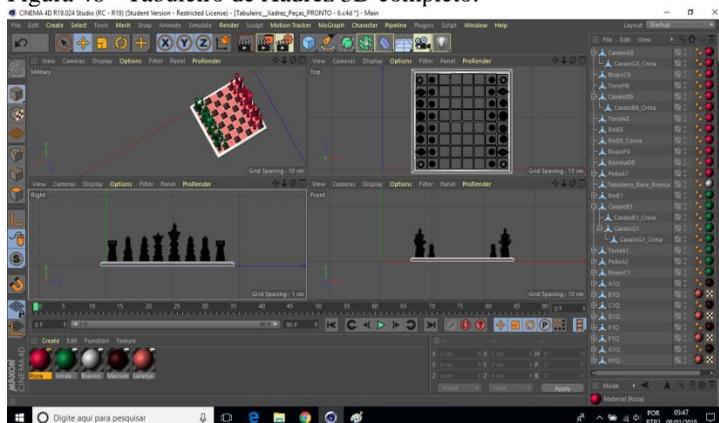
Figura 47 - Peças principal tabuleiro de Xadrez 3D.



Fonte: Autor.

O quarto passo foi importar os modelos de peças individuais do tabuleiro de xadrez para o arquivo final e colocá-las em seus devidos lugares, na posição correta e com proporções corretas. Para esta tarefa, foi usado o recurso de múltiplas janelas de visualização. Este recurso é muito importante para colocar todas as peças no seu devido lugar. O alinhamento de cada modelo 3D em um único arquivo, sem esta visualização, seria muito trabalhoso para alcançar o mesmo resultado. O modelador teria de mudar de visualização a cada ajuste feito nos modelos tomando muito tempo no processo de criação.

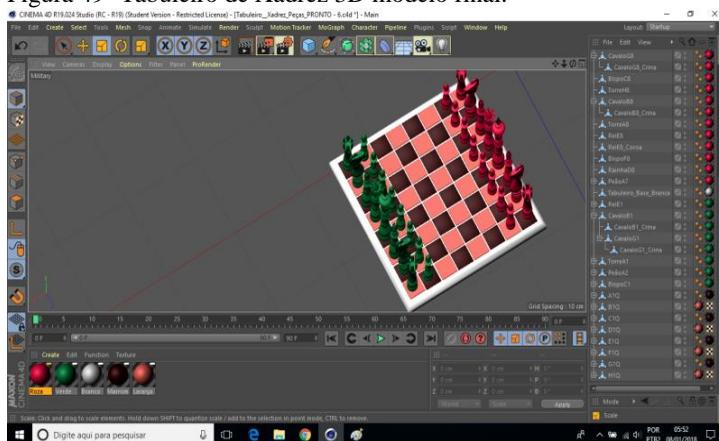
Figura 48 - Tabuleiro de Xadrez 3D completo.



Fonte: Autor.

Arquivo final do tabuleiro de xadrez 3D foi desenvolvido inteiramente no Cinema 4D R19 *Student*, sendo constituído de partes modeladas em arquivos diferentes, o que trouxe grande controle e segurança no processo de criação, já que os modelos compartilham de configurações próprias para cada objeto na cena. O próximo passo é implementar o movimento das peças de xadrez no tabuleiro de xadrez.

Figura 49- Tabuleiro de Xadrez 3D modelo final.



Fonte: Autor.

### 3.5.2 MOVIMENTAÇÃO DAS PEÇAS NO TABULEIRO

Por padrão da ferramenta, as animações no Cinema 4D acontecem quando todos os objetos que irão fazer parte da animação estão alocados no arquivo principal. É importante que o desenvolvedor configure o ambiente do Cinema 4D antes de iniciar a animação, através do menu *Edit Render Settings* nas opções *Output* e *Save*.

Para preencher estas configurações, o desenvolvedor deve levar em consideração algumas informações como: em qual plataforma esta animação será executada, qual a renderização adequada para esta plataforma, se o tamanho do arquivo está adequado às necessidades do usuário, às suas expectativas, etc. Estas e outras informações devem ser analisadas a fim de escolher a melhor configuração de renderização.

Não existe uma solução única, ela varia de acordo com o projeto em questão, a plataforma e as tecnologias envolvidas. O ideal é que sua renderização aproveite todo o potencial do programa e do dispositivo que será executado. É importante fazer uma análise detalhada destas informações no projeto, pois para alcançar a melhor solução são indicados muitos testes práticos na ferramenta e na plataforma envolvida antes de liberar acesso a seus usuários.

Para este projeto, optou-se por usar o formato TIFF (*Tagged Image File Format*) que é o mais recomendado para o intercâmbio de arquivos entre aplicativos e plataformas de computador, este formato é ideal para este projeto, porque engloba exatamente onde ele será executado. As

configurações Present: 800 x 600 e *Resolution* de 72 Pixels/Inch DPI (*dots per inch*) também fazem parte deste projeto.

Figura 50- Menu Render Settings opção Output



Fonte: Autor

Figura 51- Menu Render Settings opção Save.



Fonte: Autor.

Para que todos os objetos da cena apareçam como parte do arquivo principal, deve-se clicar na opção do menu e uma linha retangular vermelha aparecerá em toda a volta da cena em que será criada a animação. Usando as configurações da barra de progresso do menu *Timeline*, deve-se determinar o tempo que durará a animação, sua quantidade de *frames* auxiliará nesta tarefa. O Cinema 4D oferece a

opção de animar objetos de forma separada para serem executados em diferentes momentos.

Através do menu *Record Active Objects*, é feito o registro da posição inicial do objeto que será animado, é criado um *frame* para guardar a posição exata do modelo e sua forma atual. A sua posição nos eixos X, Y, Z, seu tamanho e forma são registrados através deste *frame*. Após isto, se arrasta o ponteiro da *Timeline* para direita, este movimento serve para fazer a passagem do tempo sobre os objetos que se deseja animar. Deve-se levar o objeto com o *mouse* para o ponto da cena onde se deseja colocá-lo, fazer uso do menu *Record Active Objects* para marcar a passagem exata em que o objeto foi deixado.

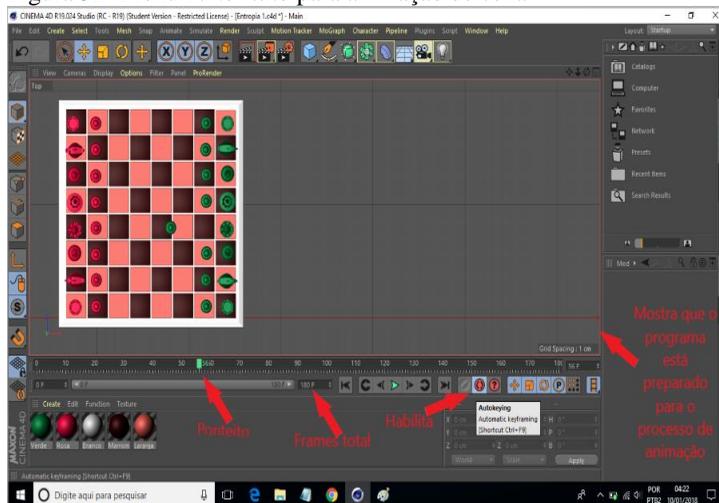
Um novo *frame* registra esta posição exata e sua forma. O botão *play* deve ser usado para visualizar a animação e certificar que a mesma está se comportando como planejado. Alterações e ajustes são normais na fase de animação.

O desenvolvedor deve ter muito cuidado quando deslocar objetos em animações na cena para não movê-lo em eixos que não fazem parte do movimento do objeto. O movimento das peças de xadrez para frente e para trás são feitos através do eixo X e para direita e esquerda no eixo Z, e é possível mover as peças em diagonal sobre o eixo X e Z. Este movimento foi empregado no Bispo, Dama, Rei e Peão. No caso do peão, especificamente quando ele está atacando uma peça adversária, visto que seu movimento comum é apenas para frente.

As peças de xadrez se movimentam sobre suas casas em uma base plana do próprio tabuleiro. Os movimentos no eixo Y para cima e para baixo foram empregados somente em peças que saíram do tabuleiro por sofrer ataque dos seus adversários. Este movimento foi feito com muito cuidado, já que o arquivo em realidade aumentada foca no plano do tabuleiro de xadrez e não existe outra base para servir como limite para esta imagem.

As peças retiradas do tabuleiro não ficam perdidas no infinito, optou-se por colocá-las em animação na posição ao lado da base do tabuleiro. Todo este momento é visualizado pelos usuários, a peça saindo da partida e sendo colocada ao lado do tabuleiro para não gerar confusão ou desconforto.

Figura 52- Menu *Timer line* para animação de cena



Fonte: Autor.

### 3.6 IMPLEMENTAÇÃO DOS RECURSOS DE RA

Para desenvolver experiências com RA, o desenvolvedor precisa planejar previamente todas as etapas deste processo, técnicas de análise, desenvolvimento, implementação e validação de todos os estágios do seu projeto.

Existe uma vasta gama de *softwares* que oferecem suporte para o desenvolvimento de modelagem em 3D e cabe ao desenvolvedor escolher o que atenda melhor às suas necessidades. O motor de RA escolhido é um *software* específico para a ativação e funcionamento da RA no projeto. Alguns motores são oferecidos diretamente em plataformas de *games* como o *Vuforia* no *Unity* a partir da versão 2017. A plataforma de RA *online Augment* trabalha em conjunto com o motor *Vuforia*.

Existem diversas opções de *softwares* e tecnologias que podem ser empregados em projetos de RA. Um levantamento do que é mais usado em RA deve ser feito, pois é uma tecnologia que vem crescendo muito nos últimos tempos, e a RA poderá tornar-se tão presente na vida das pessoas quanto os *smartphones e tablets* são atualmente.

Para o desenvolvimento deste projeto, optou-se por criar os modelos em 3D no Cinema 4D, pois ele é compatível com a plataforma da *Augment* e atende os requisitos técnicos, conforme foi discutido anteriormente. Os modelos foram postados na plataforma *Web* da *Augment* que trabalha com motor RA *Vuforia*. Este motor é muito empregado em projetos profissionais de RA para diversas plataformas como: *web*, *Android*, *Mac*, *Windows 10*, *HDR* e *Hololens*.

Deve existir um planejamento para escolha do *software* de modelagem 3D que será empregado no desenvolvimento dos modelos do protótipo jogo de xadrez modificado em 3D com RA, além da escolha do motor de RA que fará todo o trabalho de detecção de rastreamento, profundidade e renderização dos modelos em 3D. Os principais SDKs motores de RA são: *Tango*, *Vuforia* e *ARToolKit*.

Para o desenvolvimento deste projeto, todos os modelos criados foram postados na plataforma RA *Augment* com licença educacional sem custo algum. O *Vuforia* é o motor que faz com que os modelos possam ser visualizados no mundo real em tempo real de execução no aplicativo através da câmera do *smartphone* ou *tablet*.

O reconhecimento dos modelos também pode ser em nuvens, pois a *Augment* usa os serviços de reconhecimento *web* da *Vuforia* para o rastreamento dos objetos em sua plataforma. A grande vantagem de usar o motor *Vuforia* para implementar realidade aumentada é que ele suporta uma variedade de *smartphones* e *tablets* com o sistema operacional *Android*, *MAc* e *Windows 10*.

O aplicativo da *Augment* possibilita que os modelos em 3D sejam visualizados em RA sem a necessidade de criar rastreadores específicos ou *QR Codes* para sua visualização. Os usuários, através de um toque na tela junto ao *App Augment*, visualizam a renderização dos modelos em 3D diretamente na tela do seu dispositivo móvel em tempo real de execução e escala.

A plataforma *online Augment* é um grande repositório de modelos 3D e 2D para seus usuários. O recomendado é que sempre se crie modelos em 3D para trabalhar com RA, porque eles podem ser renderizados em qualquer ângulo.

Quase todos os dispositivos móveis com acesso à *internet* e uma tela podem servir como um aparelho para visualizar modelos em RA, sendo executados sem a necessidade de uma câmera para fazer o rastreamento do objeto. Os modelos postados na plataforma *Augment* dispõem do suporte a tecnologia *Customer Relationship Management* (CRM) como *Salesforce*, *Oracle* e *StayinFront* para medir seu grau de interação com os clientes e usuários.

Sem o uso do *plugin* da *Augment*, o carregamento de modelos em 3D fica muito prejudicado, já que por qualquer motivo o modelo não é aceito na plataforma com a justificativa de não ser compatível com a tecnologia empregada pela *Augment*.

Através de uma análise mais profunda, os mesmos arquivos que anteriormente não foram aceitos pela plataforma passam a ser aceitos, sendo carregados com o mesmo *software* que foi desenvolvido, fazendo uso do *plugin Augment* instalado no *software* de modelagem 3D, facilitando o carregamento de forma rápida e fácil na conta do usuário cadastrado na *Augment*. Por este motivo, optou-se por realizar testes e uso somente de *softwares* que tivessem o *plugin* da *Augment* para a continuidade do desenvolvimento dos modelos 3D de xadrez e uso como repositório 3D de realidade aumentada, a plataforma *Augment*.

Figura 53- *Software* com suporte a *plugin Augment*.



**HELP CENTER**

search

Plugins and preferred export formats

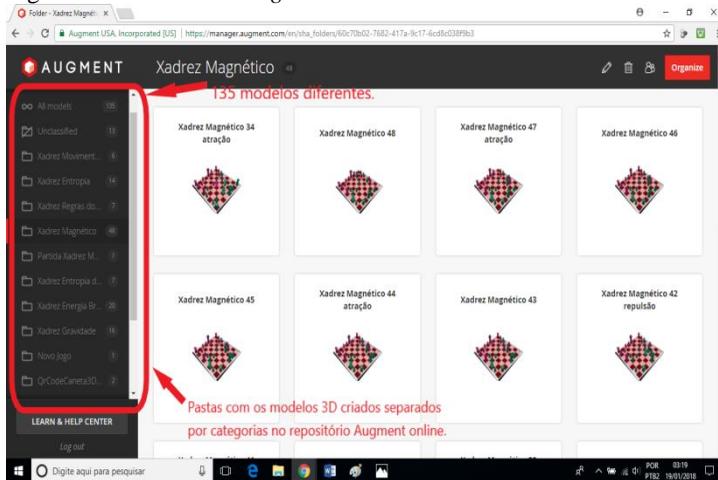
We have developed a few plugins for Augment. Using them will allow you to export your models easily.

If you don't want to use the plugin, or if we don't have a plugin for your software, please find here the preferred formats to get the best experience with Augment!

Software name	Preferred export format 1	Preferred export format 2	Plugin for Augment
Sketchup	KMZ	Collada 1.4 (.dae)	<a href="#">Download the Sketchup plugin</a>
3DS Max	Collada 1.4 (.dae)	Wavefront (.obj)	<a href="#">Download the 3DS Max plugin</a>
Blender	Collada 1.4 (.dae)	Wavefront (.obj)	<a href="#">Download the Blender plugin</a>
Autodesk Maya	Collada 1.4 (.dae)	Wavefront (.obj)	No plugin for the moment
Cinema 4D	Collada 1.4 (.dae)	/	<a href="#">Download the Cinema 4D plugin</a>
IC3D	Collada 1.4 (.dae)	/	Use the Augment extension.
Rhinceros 3D	Collada 1.4 (.dae)	Wavefront (.obj)	No plugin for the moment
SolidWorks	IGS (include materials)	Step	No plugin for the moment
ArtiosCAD	Collada 1.4 (.dae), ZAE extension	/	No plugin for the moment

Fonte: <http://www.Augment.com/help/plugins-and-preferred-formats/>

Na figura 54, podem-se visualizar os modelos de tabuleiro de xadrez 3D na plataforma *Augment*. Pode-se observar a quantidade de arquivos desenvolvidos para este projeto. Isto demonstra todo o empenho na pesquisa e desenvolvimento, a fim de oferecer variedades de arquivos modelados em 3D e qualidade nos objetos criados, para que seja possível que qualquer usuário ou interessado no assunto, de forma livre e gratuita, possa acessar o conteúdo, com o único objetivo de poder disseminar o conhecimento para um maior número de pessoas.

Figura 54 - Plataforma *Augment*.

Fonte: Autor.

A outra forma de acessar os modelos de xadrez 3D desenvolvidos neste trabalho é usando o QR Code correspondente ao objeto 3D. Os QR Codes são símbolos bidimensionais que podem conter centenas de vezes mais informações em comparação ao código de barra.

Para acessar a informação contida no QR Code, o usuário precisa de um dispositivo móvel com suporte para esta tecnologia e uma câmera integrada a este aparelho. O QR Code pode ser impresso em papel ou compartilhado em monitores, telões, projetores, etc. Os meios digitais que oferecem uma resolução compatível para sua leitura podem ser usados para este fim, substituindo os meios físicos.

Através de recursos de impressão 3D por caneta 3D, foram realizados alguns testes com esta tecnologia que provou ser possível criar *Trackers* (Rastreadores) físicos e transformar em rastreadores digitais. O reconhecimento realizado pelo aplicativo *Augment*, através de objetos desenvolvidos pela caneta 3D, mostrou-se eficaz. Foram criados dois objetos modelados com a caneta 3D. O primeiro, nas cores azul e verde, criando-se uma coroa. O segundo, nas cores preto e azul, criando-se um cavalo representado por sua cabeça e pescoço.

Para o desenvolvimento destes objetos, foi usada a tecnologia de impressão da caneta 3D criada em 2012 por Peter Dilworth, Daniel Cowen e Maxwell Bogue que tiveram a ideia de criar um dispositivo de impressão 3D mais simples e acessível.

Os objetos Coroa e Cavalo foram criados para serem usados como *Trackers* na plataforma *Augment*. Estes *Trackers* funcionam por meios digitais e físicos, ficando a critério do usuário a forma que deseja usá-lo para o rastreamento do modelo em 3D.

As figuras 55 e 56 mostram os *Trackers* criados com a caneta 3D, que substituem os tradicionais *QR Codes* para visualização dos tabuleiros de xadrez. *Trackers* criados com caneta 3D correspondem ao Rei e o Cavalo.

Figura 55- *Trackers* Caneta 3D coroa.



Fonte: Autor.

Figura 56- *Trackers* Caneta 3D cavalo.



Fonte: Autor.

A figura 55 mostra os dois *Trackers* criados e postados na plataforma *Augment*. Qualquer um deste *Trackers* pode ser usado para auxiliar na visualização e rastreio dos tabuleiros de xadrez correspondente. Estes funcionam como um *link* de acesso aos modelos 3D tabuleiro de xadrez. O processo funciona como um *link* de acesso que também é empregado nos *QR Codes* do trabalho.

Todos os *Trackers* desenvolvidos são para oferecer uma outra opção de acesso aos arquivos postados na plataforma *Augment*. Para fazer uso desses recursos, o desenvolvedor precisa criar arquivos para esta finalidade.

Os *Trackers*, criados em imagens 2D com a cor preto e fundo branco dentro de uma borda retangular, são:

- Cavalo;
- Rei.

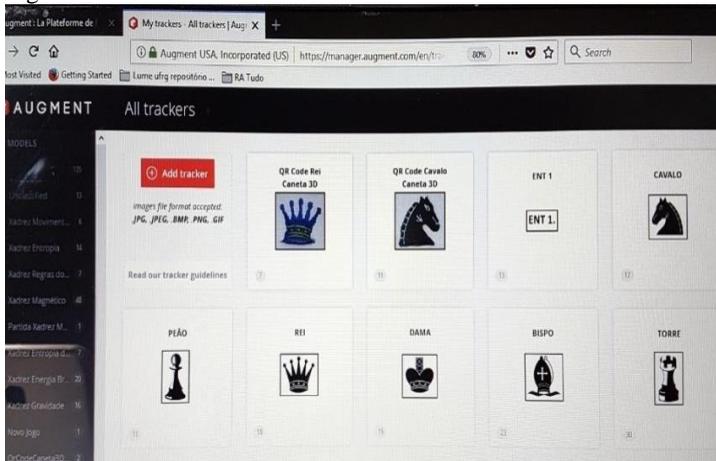
Pode-se observar que se criaram dois *Trackers* com a caneta 3D.

São eles:

- Coroa Caneta 3D;
- Cavalo Caneta 3D.

O arquivo *Trackers* ENT1 é um arquivo de teste criado para aplicação. Optou-se por criar o *Trackers* ENT 1 com um tamanho menor para verificar até que ponto os tamanhos dos *Trackers* podem ser reduzidos.

Figura 57- *Trackers*.



Fonte: Autor.

A figura 57 também mostra outros *Trackers* criados sem o uso da caneta 3D. São rastreadores que direcionam para os modelos de xadrez 3D que exibem o movimento correto destas peças, seguindo a lei do xadrez da Federação Internacional de Xadrez (FIDE). Os movimentos de todas as peças foram criados em arquivos separados modelados em 3D com uso de RA.

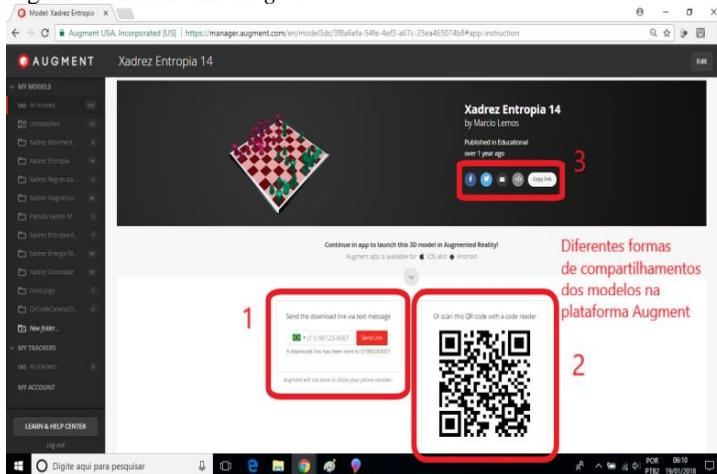
### 3.7 VISÃO DO USUÁRIO

No total foram desenvolvidos e disponibilizados na plataforma *Augment* 135 modelos diferentes de xadrez modificado e tradicional. Os arquivos contam com animações em RA e foram agrupados em 11 categorias de acordo com os jogos específicos. Todos os modelos foram disponibilizados em modo público, sem nenhuma restrição de acesso para seus usuários. Para ter acesso aos modelos em seu dispositivo móvel, basta instalar em seu aparelho a App da *Augment* (atualmente disponível somente para *Android* e *Mac OS*). Para auxiliar os usuários no processo de instalação do aplicativo, criou-se um manual de usuários disponível no APÊNDICE A.

A plataforma *Augment* de realidade aumentada oferece diferentes formas de compartilhamentos para os modelos. A figura 58 mostra estes recursos de compartilhamentos, são eles:

- Envio de *link* para o *download* via mensagem de texto através do celular (este recurso de mensagem de texto está disponível para diversos países 1 na figura 58);
- *Facebook* (2 na figura 59);
- *Twitter*;
- *Mail to*;
- *Get Augment Button*;
- *Copy link*.

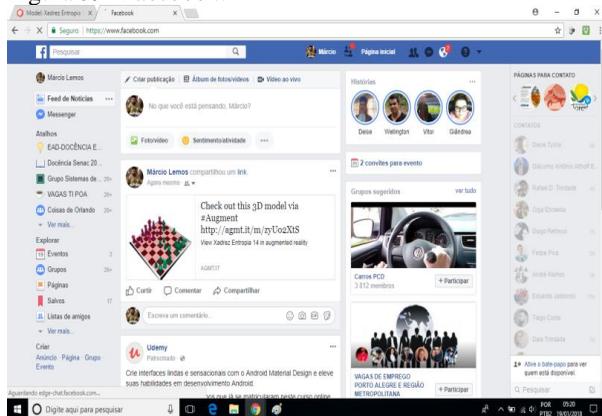
Figura 58- Plataforma *Augment*.



Fonte: Autor

A facilidade de compartilhamento dos modelos 3D de xadrez diretamente no portal *Augment* é demonstrada nas figuras 58 para *Facebook*, figura 59 para *Twitter*, figura 58 para *Get Augment Button*. Os mesmos recursos estão presentes quando o aplicativo é acessado através de navegador em dispositivo móvel.

Figura 59- Facebook.



Fonte: Autor

O compartilhamento dos modelos postados na plataforma *Web Augment* pode ser disponibilizados através do *Facebook*, uma das maiores redes sociais do mundo.

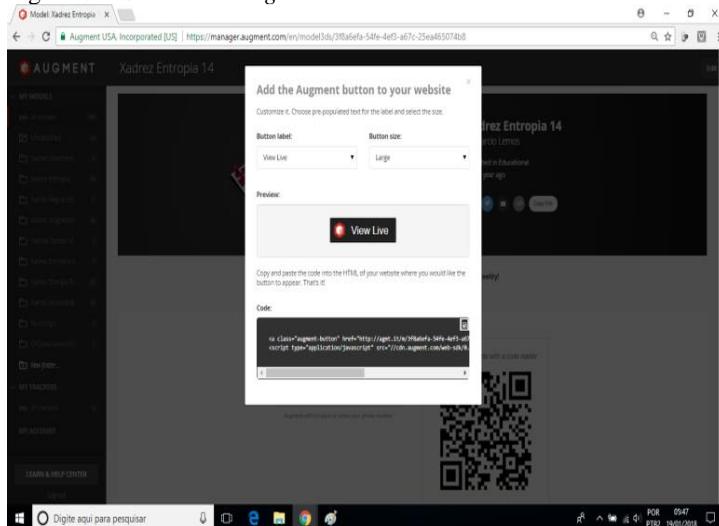
Figura 60- Twitter.



Fonte: Autor

A imagem 60 mostra o compartilhamento do modelo de xadrez 3D na rede social *Twitter*, que se destaca por ser um *microblogging* que permite aos usuários cadastrados enviar e receber atualizações de outras pessoas por meio de texto com até 280 caracteres. É possível compartilhar *links*, imagens, vídeo, GIF (Graphics Interchange Format) e fazer enquetes. A localização dos usuários também pode ser compartilhada ou ocultada se desejar.

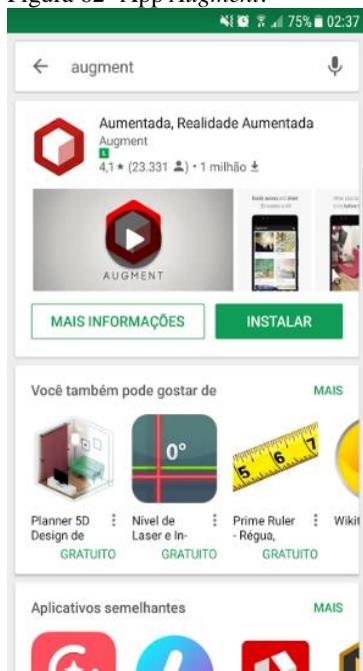
Figura 61- *Get Button Augment*.



Fonte: Autor

A figura 61 mostra a opção de compartilhamento por *Get Augment Button*, que permite que o desenvolvedor adicione um botão customizado ao seu *site*. A etiqueta do botão e o tamanho podem ser alterados. O código *HyperText Markup Language (HTML)*, gerado no local do seu *site*, pode ser copiado e usado sobre a programação do botão de outro *site*, funcionará como um *link* para seu modelo de xadrez 3D com RA.

O Aplicativo *Augment* é categorizado de acordo com a Classificação Indicativa (ClassInd), do departamento de classificação do Ministério da Justiça, como livre sem nenhuma restrição de acesso para crianças e adolescentes. Como mostra a figura 62.

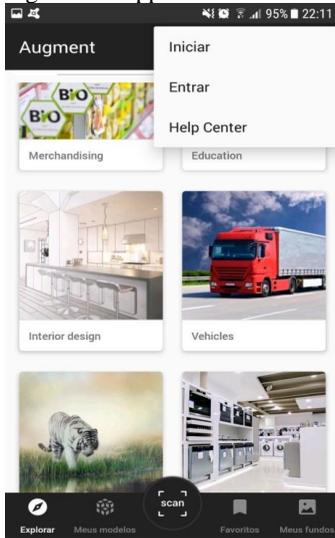
Figura 62- App *Augment*.

Fonte: Autor.

Os usuários que tem o App *Augment* instalado em seu dispositivo móvel e desejam fazer uso dos recursos de realidade aumentada em modelos 3D de xadrez podem fazer busca pela palavra-chave “xadrez”. Além disso, existem várias outras categorias que podem ser acessadas na plataforma.

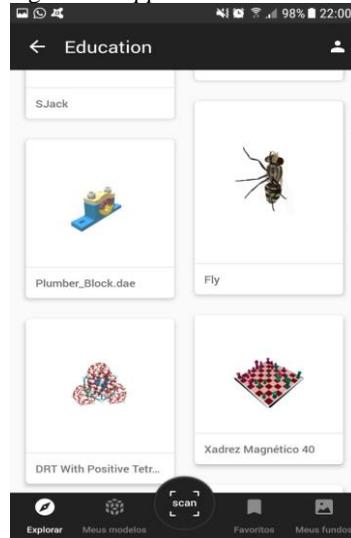
A figura 63 - mostra algumas das categorias disponíveis na App *Augment*. Todas estas categorias são de acesso público.

Figura 63- App início.



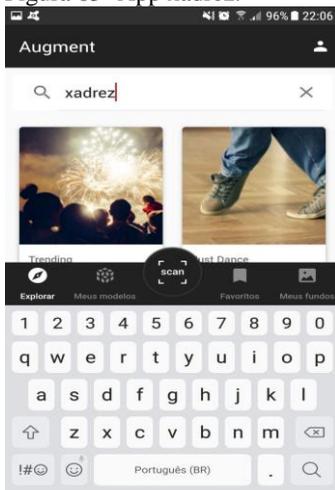
Fonte: Autor.

Figura 64- App education.



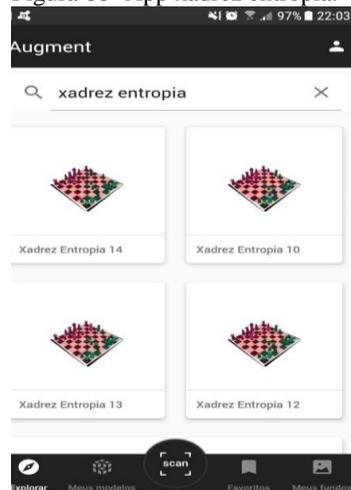
Fonte: Autor.

Figura 65- App xadrez.



Fonte: Autor.

Figura 66- App xadrez entropia.



Fonte: Autor.

As figuras 64 e 65 ilustram como o usuário pode acessar os modelos desenvolvidos diretamente na App *Augment*, digitando o nome do modelo desejado ou dando um *click* sobre ele. Na figura 66, digitou-se na busca: “xadrez entropia” e o App buscou todos os modelos que fazem parte desta categoria de xadrez. A partir do momento que o modelo desejado aparece na tela no dispositivo móvel, o usuário poderá através de um *click* sobre o objeto carregá-lo no seu dispositivo para visualizá-lo em realidade aumentada.

Após o carregamento do modelo no dispositivo através da App *Augment*, o modelo pode ser movido para todas as direções com um simples toque na tela do aparelho. O menu da App oferece alguns recursos interessantes como:

- 3D Vista para modelos criados em 3D;

- Help* como começar;

- Criar Rastreador;

- Adicionar mais objeto na mesma cena (a App disponibiliza carregar dois objetos de RA diferentes na tela do aparelho);

- Flash* (esta opção liga o *flash* do aparelho);

- Rodar;

- Foto (esta opção armazena as fotos de seus modelos diretamente em seu dispositivo, ou seja, funciona como um *print* na sua tela);

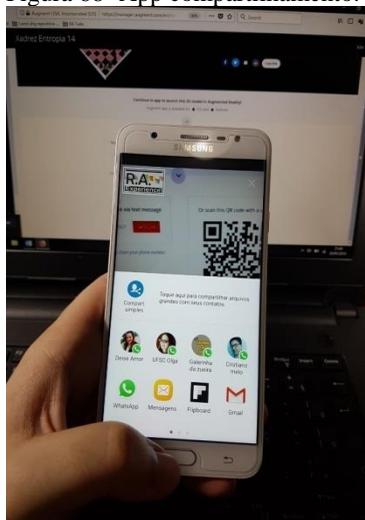
O compartilhamento das fotos com seus amigos é possível através do *Whats App*, *Mensagens*, *E-mail*, *Messenger*, *Bluetooth*, *Skype*, *Instagram*, *Hangouts*, entre outros. É possível compartilhar com outras Apps do seu dispositivo desde que você autorize acesso a suas fotos. A figura 67 mostra o objeto sendo renderizado no dispositivo móvel com o recurso RA e QR Code. A figura 68 mostra as opções de compartilhamento da imagem capturada na tela do *smartphone*. Foi utilizado um *smartphone Samsung J7prime* com sistema *Android*, estas ferramentas de compartilhamento do *smartphone* podem variar de acordo com o aparelho e suas App instaladas.

Figura 67 - Tabuleiro xadrez 3D.



Fonte: Autor.

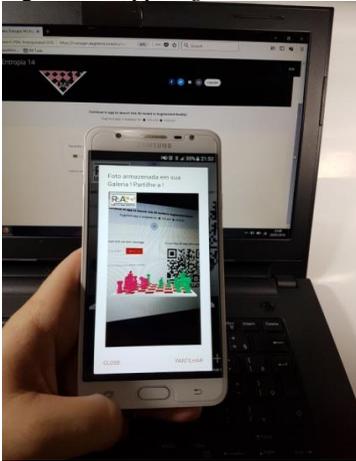
Figura 68- App compartilhamento.



Fonte: Autor.

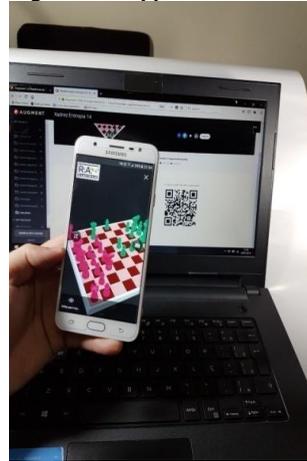
O usuário deve posicionar o objeto onde fique melhor para visualização no aparelho. Para realizar esta tarefa, basta mover o objeto com os dedos através da tela do seu dispositivo. É possível rotacioná-lo, usando dois dedos da mão, fazendo movimentos de cima para baixo. O objeto rotacionará no seu eixo central.

A visualização 3D permite que o usuário rotacione todo o objeto nos seus eixos, mas isto só é possível se o modelo foi desenvolvido em 3D. Uma particularidade desta visão é que, quando ela está ativada, não é possível visualizar mais nada no fundo da tela, o fundo fica preto como mostram as figuras 69 e 70.

Figura 69- App *Augment RA*.

Fonte: Autor.

Figura 70- App xadrez 3D RA.



Fonte: Autor.

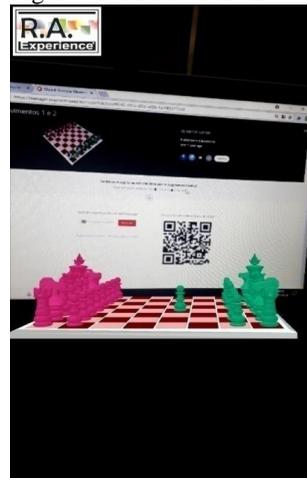
As figuras 71 e 72 mostram, a partir de um *smartphone Samsung J7 prime* e a App *Augment*, a leitura dos QR Codes movimentos de xadrez 1 e 2 em tela LCD (*Liquid Crystal Display*) de um *notebook*. Ambas as imagens representam objetos em 3D tabuleiro de xadrez, através de movimentos animados das peças.

Figura 71- App RA xadrez 3D.



Fonte: Autor.

Figura 72- RA xadrez 3D.

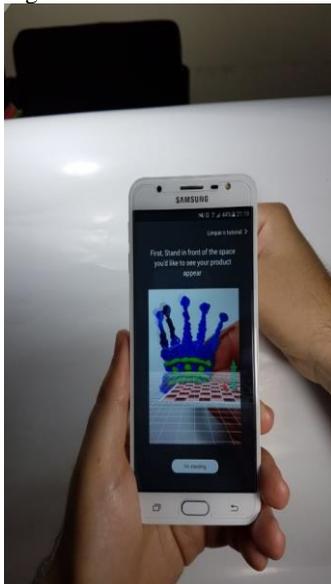


Fonte: Autor.

O uso da realidade aumentada amplia a quantidade de informações visuais em uma mesma cena, é perceptível que o apelo visual e a quantidade de informações novas, que podem ser criadas com a RA em dispositivos móveis através de objetos digitais e objetos físicos, colaboram para a compreensão de conteúdos visuais.

A figura 73 mostra a utilização de *trackers* físico (coroa) que foi criado com a caneta 3D, servindo como objeto de rastreo para o arquivo modelado xadrez rei, que está postado no repositório *Augment online* tabuleiro de xadrez. A figura mostra o desenvolvedor com objeto coroa na mão direita e o *smartphone* na mão esquerda. O rastreo do objeto coroa mostra a renderização no *smartphone* através da App *Augment* e a câmera do aparelho, o modelo 3D tabuleiro de xadrez rei. O mesmo acontece com a leitura do *trackers* coroa por meios digitais como mostra a figura 74.

Figura 73- *Trackers* físico coroa.



Fonte: Autor.

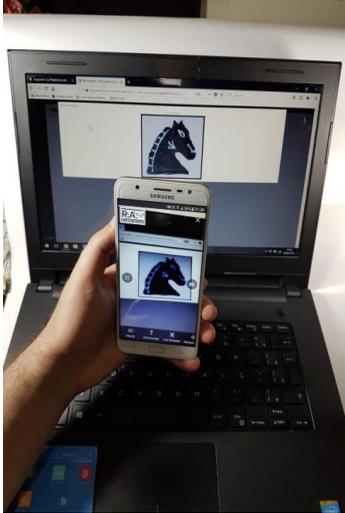
Figura 74- *Trackers* digital coroa.



Fonte: Autor.

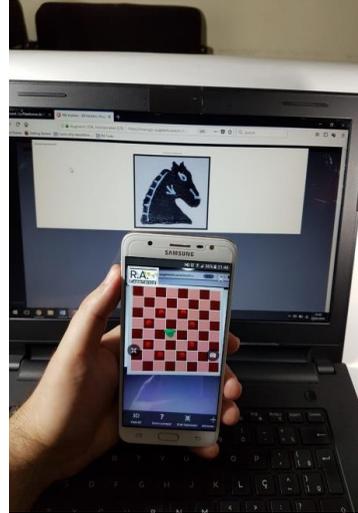
A figura 75 mostra a leitura de forma digital através da tela de LCD o *Trackers* cavalo. O resultado desta leitura é a visualização dos modelos 3D xadrez cavalo que mostra o movimento desta peça seguindo a regra da FIDE.

Figura 75- Leitura *Trackers* digital.



Fonte: Autor.

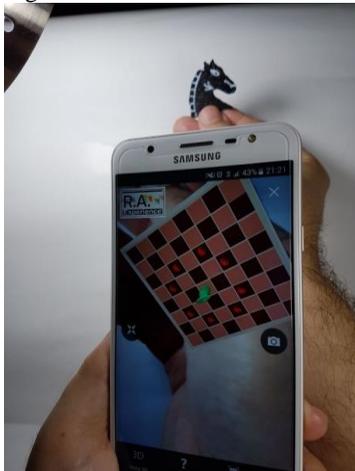
Figura 76- *Trackers* digital cavalo.



Fonte: Autor.

A Figura 77 mostra a leitura do *Trackers* cavalo físico modelado com a caneta 3D diretamente com a App da *Augment* aberta e apontando a câmera do aparelho no objeto físico. Semelhante ao processo de leitura de *QR Code*, o modelo 3D é carregado diretamente no *smartphone*.

Figura 77- Leitura *Trackers* físico.



Fonte: Autor.

Os modelos de Xadrez 3D Magnético 40 e o modelo de Xadrez 3D Magnético 39, postados na plataforma *Augment* na categoria de acesso público *Education* (Educação), foram desenvolvidos como teste para este trabalho e receberam o reconhecimento da *Augment* como modelos 3D excelentes e passaram para galeria dos melhores modelos de toda a plataforma. Este reconhecimento comprova a qualidade dos modelos criados, estando de acordo com os requisitos técnicos deste projeto.

Para maiores informações, consulte o ANEXO A e ANEXO B. Os dois ANEXOS mostram os *e-mails* recebidos um para cada modelo de xadrez 3D com o reconhecimento da *Augment* por sua qualidade técnica e modelagem.

## 4 APLICAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são descritos os três encontros realizados em que o protótipo funcional em 3D de tabuleiro de xadrez, com tecnologia de realidade aumentada em conjunto com jogos de xadrez tradicional e xadrez modificados: Gravidade, Conservação de Energia e Entropia, foi aplicado.

Inicia-se com a participação no 1º SLAT JOGOS (Simpósio Latino-Americano de Jogos). A segunda aplicação ocorreu na UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), Campus Araranguá, com alunos do curso de Engenharia de Computação. A terceira aplicação ocorreu com alunos do curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas do IFRS (Instituto Federal do Rio Grande do Sul), Campus Osório.

### 4.1 PRIMEIRA APLICAÇÃO

A aplicação foi realizada em colaboração com o mestrando Alexandre de Matos, que em sua dissertação de mestrado denominada ‘O Ensino da Física através de analogias com variantes do jogo de Xadrez: Potencializado com Realidade Aumentada’, analisou a parte pedagógica da aplicação do jogo de xadrez na sala de aula.

O foco do presente trabalho é estritamente voltado à parte tecnológica e ao uso de RA com jogos de xadrez. Nos questionários, foram levantados o perfil dos participantes e o grau de familiaridade com a tecnologia. Foi para testar se o protótipo desenvolvido com os modelos em 3D de tabuleiro de xadrez modificado estava adequado para aplicação na sala de aula e foi avaliado se o dispositivo móvel *smartphone* era adequado para os fins propostos com a RA.

Esta pesquisa aconteceu no 1º SLAT JOGOS, realizado entre os dias 13 a 15 de outubro de 2016, na UFSC - Campus Araranguá. O autor desta dissertação com sua orientadora, a Dra. Olga Yevseyeva, juntamente com a coorientadora Dra. Luciana Bolan Frigo e o mestrando Alexandre de Matos, realizaram o *workshop* com o título: ‘Jogo de xadrez, entropia com uso de recursos da realidade aumentada’.

A apresentação durou uma hora e meia, para 20 participantes. Os recursos utilizados foram: quadro branco, computador, acesso à internet para os participantes e *Datashow*.

O público-alvo foram os participantes do evento interessados em jogos de xadrez, conceitos de entropia e realidade aumentada. Para o *workshop*, não foi exigido nenhum conhecimento prévio sobre os temas

abordados. O único recurso sugerido, mas não obrigatório, para os participantes, foi o *smartphone*.

O objetivo foi apresentar os temas abordados de forma lúdica e não convencional com recursos de RA para sistemas *Android* e *iOs*. Ao final, os participantes puderam contribuir com esta pesquisa através dos dados obtidos por um questionário e o relato de suas percepções durante a execução do protótipo, nos seus dispositivos móveis.

A todo o momento, durante o *workshop*, os participantes puderam fazer perguntas e trocar experiências. O protótipo desenvolvido foi muito elogiado por ter seu funcionamento rápido nos dispositivos móveis utilizados pelos participantes do *workshop* e uma interface gráfica “atraente”.

Como o foco do presente trabalho foi o desenvolvimento do protótipo, os procedimentos didáticos adotados foram baseados na experiência do autor do trabalho como professor de informática e seus colaboradores, sem se aprofundar nas teorias pedagógicas. Porém algumas questões educacionais são apresentadas no trabalho de Matos, 2017.

Quadro 3- Primeira aplicação da pesquisa, 1º SLAT JOGOS.

	Assuntos abordados	Metodologia usada
<i>Workshop 1.</i>	Conceito de RA e sua origem	Apresentação do conceitos e origem histórica da RA;
		Apresentação do RA para <i>smartphones</i> ;
	Jogo de xadrez tradicional	Ilustração das regras do xadrez tradicional utilizando a RA;
	Conceito de Entropia	Apresentação do jogo de xadrez Entropia;

		Ilustração das regras do xadrez Entropia utilizando a RA;
	Jogo de xadrez modificado Entropia com RA	Realização das partidas de xadrez modificadas entre os participantes.
	<b>Aplicação de um questionário <i>online</i> ao final.</b>	

Fonte: Autor.

O quadro três ilustra os assuntos e metodologia aplicada durante a apresentação do *workshop* no 1º SLAT JOGOS. Um evento organizado por professores da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), Campus Araranguá.

Neste primeiro momento, o objetivo foi verificar a viabilidade de aplicação do protótipo, confirmar a escolha da plataforma para desenvolvê-lo e fazer coleta de *feedback* dos participantes.

As informações coletadas são apresentadas de forma detalhada no trabalho de Matos, 2017. Neste trabalho, apresenta-se somente um breve resumo daquilo que foi observado nos dados coletados.

Percebeu-se o seguinte:

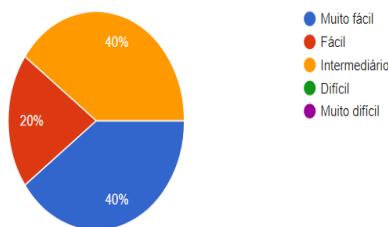
1. A idade dos participantes variava entre 18 até 38 anos;
2. Houve uma distribuição quase igualitária entre os sexos no grupo de pesquisa;
3. A maioria dos participantes eram estudantes da UFSC;
4. A maioria não tinha nenhum conhecimento prévio sobre o conceito de Entropia;
5. Somente uma pequena parte demonstrou um conhecimento prévio sobre a RA.

Foi percebido pelos próprios pesquisadores que a maioria dos participantes do *workshop* tinha um aparelho de celular adequado para uso do protótipo desenvolvido. Em relação à experiência dos usuários. De acordo com os questionários podemos afirmar o seguinte:

1. A maioria dos participantes avaliou a clareza e objetividade na explicação do conteúdo do *Workshop* como ótimas ou boas, sem nenhum relato de avaliação negativa;
2. Os procedimentos didáticos foram avaliados como ótimos por unanimidade;
3. Dos participantes que não tiveram nenhum conhecimento prévio sobre Entropia, todos avaliaram que a sua aprendizagem sobre o conceito foi boa;
4. Todos os respondentes consideraram que a abordagem apresentada no *Workshop* ajudou na compreensão do conceito de Entropia;
5. Todos os respondentes relataram que gostariam de ter mais experiências de Realidade Aumentada na sala de aula;

Por ter relação direta com o foco deste trabalho, vamos analisar o gráfico que representa o grau de dificuldade na utilização de recursos técnicos de forma mais detalhada.

Gráfico 4- Avalie o grau de dificuldade na utilização dos recursos técnicos RA.



Fonte: coleta de dados com os sujeitos em colaboração Matos, 2017.

Nesta avaliação preliminar, foi confirmada a escolha do *software* e a estratégia escolhida para o desenvolvimento do protótipo. Algumas pontuais melhorias foram implementadas depois desta primeira aplicação como: compatibilidade dos modelos em 3D com a plataforma *online*, o padrão de animações para todos os objetos desenvolvidos, design visual e textura foram alterados, implementação dos modelos de xadrez 3D para

outros tipos de jogos modificados, criação de marcadores físicos com caneta 3D e um questionário mais detalhado sobre aplicação do protótipo.

Percebe-se que a aplicação da pesquisa, no 1º *workshop*, através do jogo de xadrez modificado de Entropia com o uso da RA em dispositivos móveis, ocorreu de forma tranquila e nenhum participante relatou ter tido nenhum grau de dificuldade como “Difícil” ou “Muito Difícil” na utilização dos recursos de RA em seus *smartphones*. Foi possível verificar que a maioria dos participantes eram estudantes da UFSC e da área de tecnologia, mas estudantes de outras universidades também participaram. A distribuição de sexo dos participantes foi quase igualitária, mas pode-se identificar que a média da faixa etária dos participantes variou entre 18 e 38 anos, e a idade dos participantes do sexo feminino foi menor do que a do sexo masculino.

Percebeu-se que os participantes estavam familiarizados com o uso dos recursos tecnológicos dos seus *smartphones* e não tiveram dificuldades em realizar a instalação da App (*Application*) nos seus dispositivos móveis e fazer uso dos recursos de RA. Observou-se uma certa motivação quando começaram a usar o protótipo nos seus dispositivos em conjunto com os conceitos de entropia no xadrez modificado. A entropia se trata de um conceito Físico, o qual foi usado com QR Code impressos em papel, pôde-se observar, então, um grande interesse por parte dos participantes em usar este recurso nos dispositivos móveis. Durante o momento do *workshop*, pôde-se notar que a tecnologia de RA empregada através dos dispositivos móveis foi capaz de instigar a colaboração entre os participantes, pois eles compartilharam entre si o que era visualizado em seus dispositivos.

Todos os participantes da pesquisa responderam “não ter nenhum conhecimento prévio sobre Entropia” e avaliaram o *workshop* e a sua aprendizagem sobre os temas abordados como “Boa”. A didática empregada no *workshop* foi avaliada por todos como “ótima” e, por unanimidade, eles relataram que gostariam de ter mais experiências com RA na sala de aula.

Não houve nenhuma dificuldade de *hardwares* ou *softwares* nos dispositivos dos participantes durante a aplicação da pesquisa. O protótipo desenvolvido teve sua interface gráfica elogiada como sendo atraente. Este resultado confirma a viabilidade de aplicação do protótipo e a escolha assertiva da plataforma *Augment*, pois a coleta dos dados e *feedback* foram positivos.

## 4.2 SEGUNDA APLICAÇÃO

A segunda aplicação da pesquisa foi realizada no dia 14 de novembro de 2017 na UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), Campus Araranguá. Os participantes foram 14 estudantes do curso de Engenharia de Computação. A apresentação seguiu na modalidade de *workshop* com duração de 3 horas. Os recursos utilizados foram: Laboratório de informática, quadro branco, *Datashow*, acesso à internet, jogo de xadrez físico e os seguintes manuais: um manual de instalação da *App Augment* (Apêndice A); um manual do xadrez tradicional, mostrando o movimento das peças no tabuleiro. Este manual possui marcadores no formato de cada peça do xadrez e também proporciona uma visualização nos dispositivos móveis com RA (Apêndice B); um manual de xadrez modificado para o jogo de xadrez Entropia; um manual para o jogo de xadrez modificado de Gravidade, um manual modificado para o xadrez de Conservação de Energia. Estes três manuais foram desenvolvidos em parceria com o mestrando Alexandre de Matos e podem ser acessados em Matos, 2017.

Para os participantes do *workshop*, não foram exigidos nenhum conhecimento prévio sobre os temas abordados, o único recurso sugerido, mas não obrigatório, para os participantes foi o *smartphone*. Os temas abordados foram apresentados de forma lúdica e não convencional. Por se tratar de uma aplicação de pesquisa com três jogos diferentes, houve um planejamento prévio para que o *workshop* tivesse duração de 3 horas. Além da explanação da teoria, os participantes da atividade tiveram um tempo para se ambientar ao protótipo e jogá-lo.

Este foi realizado no turno da tarde, no horário de aula dos estudantes. Todos os 14 estudantes concordaram em colaborar com a pesquisa e ficaram até o final do *workshop*, quando foram submetidos a um questionário *online*.

Os alunos foram divididos em duplas e receberam um jogo de xadrez completo e os manuais pertinentes aos jogos. Além disso, todos os manuais foram compartilhados com os participantes. Os manuais dos jogos de xadrez modificados trazem explicações detalhadas sobre as regras de movimentos das peças para cada jogo e se utilizam de códigos QR para mostrar esta movimentação nos dispositivos móveis através da RA.

Foram apresentados os conceitos e fatos históricos no que tange à Realidade Aumentada e Realidade Virtual. Os jogos de Conservação da Energia, Entropia e Gravidade foram aplicados com a turma com o uso da Realidade Aumentada nos dispositivos móveis dos participantes.

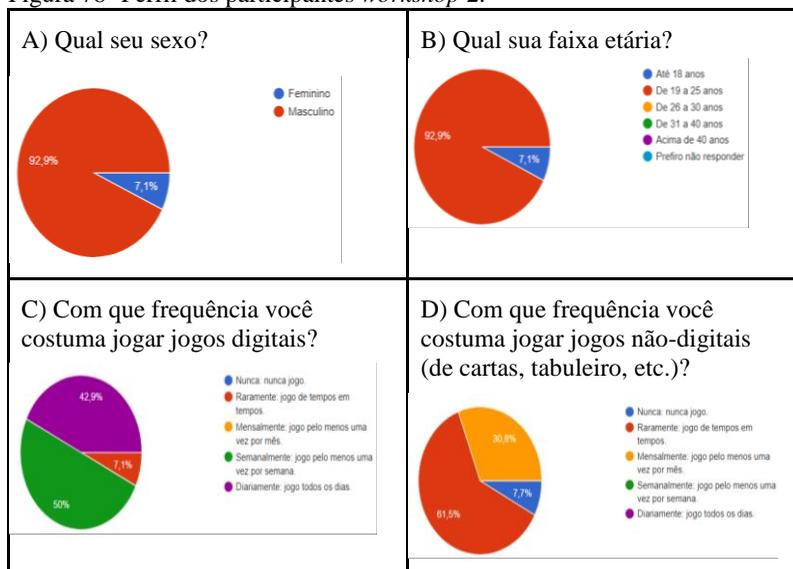
Através da rede Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) da Universidade, os participantes do *workshop* puderam acessar os modelos em 3D com realidade aumentada dos tabuleiros de xadrez modificado e tradicional nos seus dispositivos móveis *Android* e *iOS*. Alguns estudantes fizeram outros testes com o protótipo, acessando por sua própria rede móvel, através do seu plano particular de telefonia móvel. Como resultado puderam perceber uma pequena diferença de carregamento, em comparação com o acesso à rede Wi-Fi disponibilizada para este *workshop*. Os arquivos foram carregados nos dispositivos, sem perda de qualidade gráfica na execução das animações com RA, utilizando-se a rede móvel de internet. Os objetos desenvolvidos são modelos em 3D com tecnologia de RA incorporada para dispositivos móveis independentes de plataformas. Os assuntos abordados são apresentados no quadro quatro.

Quadro 4- Segunda aplicação da pesquisa.

	Assuntos abordados	Metodologia usada
<i>Workshop 2.</i>	Conceito de RA, RV e sua origem	Apresentação dos conceitos e origem histórica da RA, RV;
		Apresentação do RA para <i>smartphones</i> ;
	Jogo de xadrez tradicional	Ilustração das regras do xadrez tradicional utilizando a RA;
	Conceito de Entropia	Apresentação do jogo de xadrez Entropia;
		Ilustração das regras do xadrez Entropia utilizando a RA;

	Conceito de Gravidade	Apresentação do jogo de xadrez Gravidade;
		Ilustração das regras do xadrez Gravidade utilizando a RA;
	Conceito de Conservação de Energia	Apresentação do jogo de xadrez Conservação de Energia;
		Ilustração das regras do xadrez Conservação de Energia utilizando a RA;
	Jogo de xadrez modificado Entropia com RA	Realização das partidas de xadrez modificados entre os participantes.
	Jogo de xadrez modificado Gravidade com RA	
Jogo de xadrez modificado Conservação de Energia com RA		
<b>Aplicação de um questionário <i>online</i> ao final.</b>		

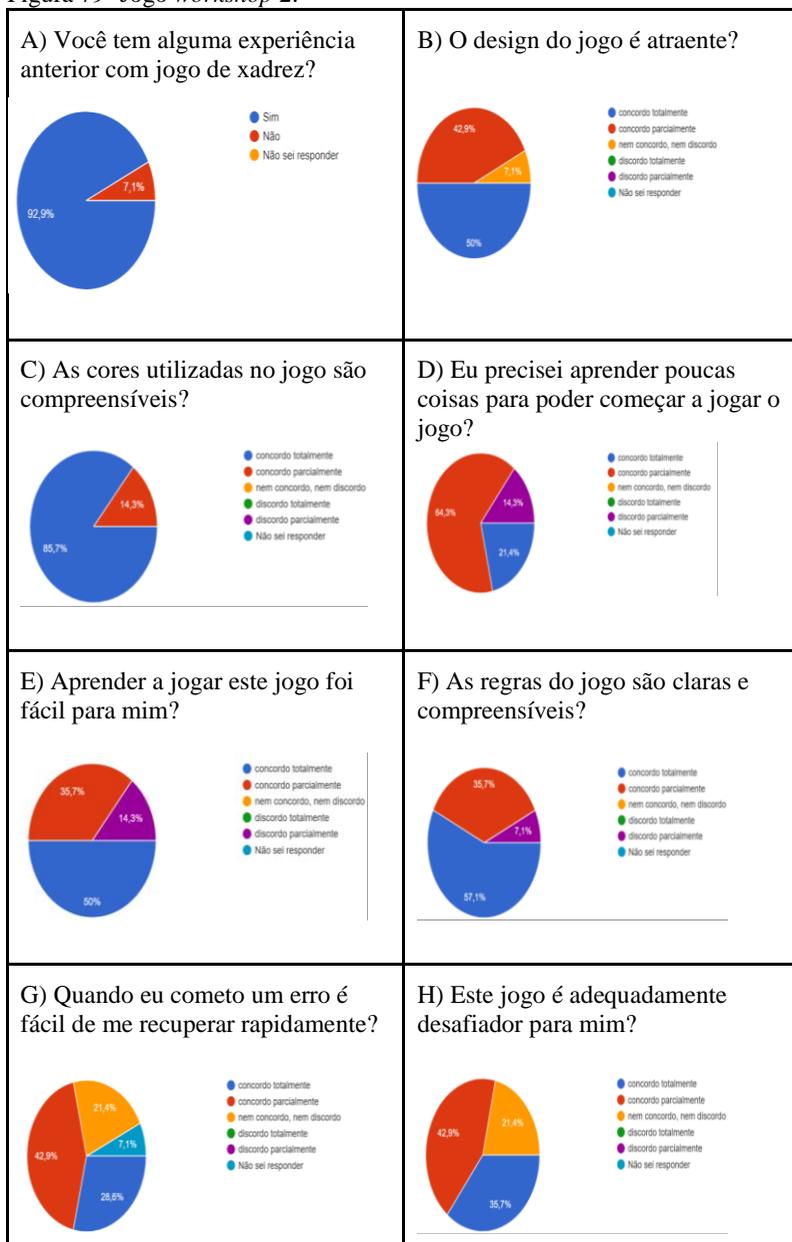
Fonte: Autor.

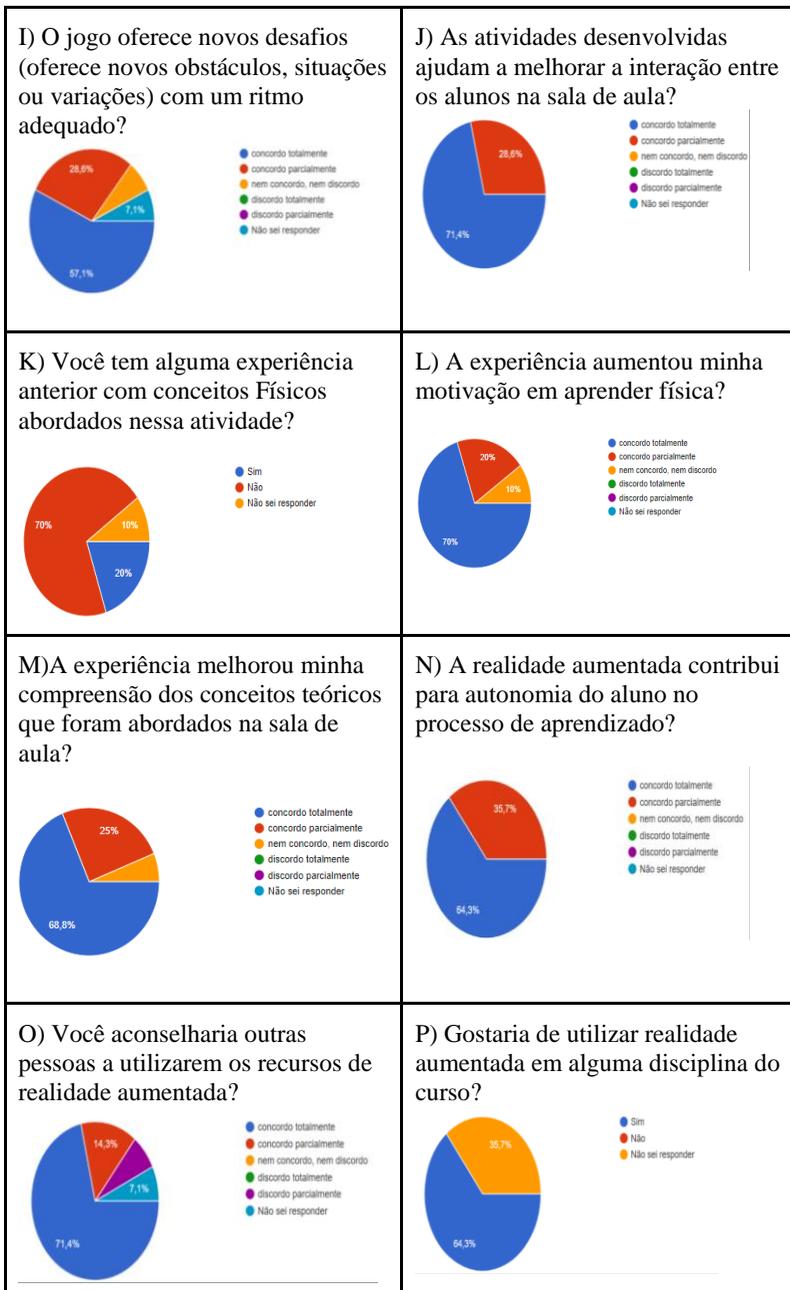
Figura 78- Perfil dos participantes *workshop 2*.

Fonte: Autor.

A análise dos resultados obtidos da aplicação da pesquisa no *workshop* dois demonstrou que 92,9% dos participantes pertencem ao sexo masculino e a faixa etária entre 19 e 25 anos também foi de 92,9%. A frequência com que os participantes costumam jogar jogos digitais apresentou os seguintes resultados: 42,9% jogam diariamente, 50% semanalmente, 7,1% raramente. Pode-se observar que todos os participantes possuem conhecimento de jogos digitais e que em sua maioria costumam jogá-los.

Já em relação a jogos não digitais, os resultados foram os seguintes: 61,5% raramente jogam jogos dessa natureza, 7,7% nunca jogam e 30,8% jogam mensalmente. Nota-se uma preferência dos sujeitos da pesquisa por jogos digitais.

Figura 79- Jogo *workshop 2*.



Fonte: Autor

Pode-se observar que 92,9% dos entrevistados já tiveram experiência anterior com jogo de xadrez. Sobre o design do jogo ser atraente, 50% dos participantes concordaram totalmente, 42,9% concordaram parcialmente e apenas 7,1% não concordaram e nem discordaram. O design difere em experiências e estilos próprios, algo muito particular de cada pessoa, e, como nenhum participante discordou totalmente, pode-se inferir que o design é um ponto forte deste jogo.

Em relação às cores utilizadas serem compreensivas no jogo obtiveram-se os seguintes percentuais, 85,7% concordaram totalmente e apenas 14,3% concordaram parcialmente, estes percentuais vão ao encontro da proposta que foi desenvolver um design visualmente atraente aos usuários.

Em relação à compreensão das regras dos jogos, apenas 7,1% dos participantes discordou parcialmente, 57,1% concordou totalmente e 35,7% concordou parcialmente, a maioria dos participantes respondeu que as regras foram claras e compreensíveis. A eficácia dos manuais disponibilizados e a didática empregada no *workshop* colaboram para estas informações.

Quanto ao aprendizado de novos assuntos para conseguirem jogar os jogos de xadrez modificados, 64,3% dos sujeitos concordaram parcialmente e 21,4% concordaram totalmente. Percebe-se que a familiaridade com a tecnologia, através dos dispositivos móveis e uso da RA, contribuiu para esse resultado, pois, caso não houvesse, dificultaria a aplicação da pesquisa e o aprendizado dos conceitos abordados.

No que se refere ao desafio proposto pelo jogo, a maioria dos participantes respondeu de forma positiva com 57,1% concordando totalmente, e 28,6% concordando parcialmente, quando questionados se o jogo oferece novos desafios com um ritmo adequado.

No que concerne à melhoria na interação entre os alunos na sala de aula, 71,4% concordaram totalmente que o jogo auxiliou e 28,6% concordaram parcialmente, o que denota o caráter didático e interativo do uso das tecnologias em ambiente de aprendizagem. Quando questionados se a RA contribuiu para autonomia no processo de aprendizado, 64,3% concordaram totalmente, sendo que os demais concordaram parcialmente, ressalta-se que nenhum participante discordou.

Em relação aos conceitos teóricos que foram abordados durante o *workshop*, 68,8% concordaram totalmente, 25% parcialmente, portanto, a experiência melhorou a compreensão dos conceitos abordados, pois nenhum participante discordou. Esse percentual denota a importância do uso de novas tecnologias para facilitar o entendimento dos alunos aos conteúdos abordados em sala de aula. Além disso, 71,4% dos

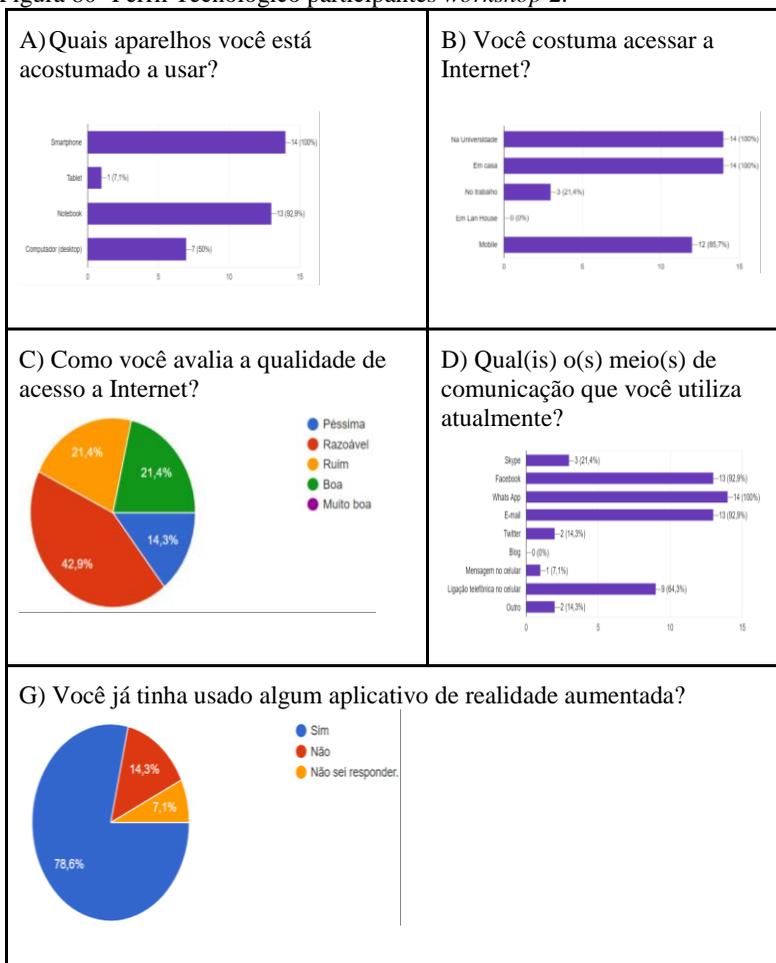
participantes concordam totalmente e aconselham outras pessoas a usarem os recursos de RA. Esta afirmação é reforçada quando são questionados se gostariam de usar a RA em outras disciplinas do curso, apresentando um percentual de 64,3% de afirmações positivas.

Quando os participantes foram questionados se tiveram alguma dificuldade na realização das atividades propostas, a única dificuldade relatada foi de um participante que disse: “Para pessoas que nunca tiveram experiência como eu com o jogo de xadrez, acho que precisaria de mais tempo para entender as regras do jogo”. Durante a execução do *workshop 2*, esta foi a única dificuldade encontrada por um dos participantes, podendo ser solucionada com o uso do protótipo e os manuais por um período de tempo maior para ele poder se aprofundar das regras dos jogos de xadrez modificados.

Em seguida os participantes foram questionados em quais disciplinas do curso de Engenharia de Computação gostariam de utilizar a tecnologia de RA e responderam o seguinte: “Inteligência Artificial”, “Estrutura de Dados”, “Geometria Analítica e Álgebra”, “Computação gráfica”, “Arquitetura de Computadores”, “Física”, “Probabilidade”, “Sistemas Embarcados”, “Circuitos Digitais”, “Física”, “IA”, “Disciplinas que apresentam conteúdo mais maçante e monótono”.

Percebe-se que os estudantes mostram o desejo de utilizar RA em outras disciplinas para melhorar o seu aprendizado. Portanto, este projeto vem ao encontro do desenvolvimento do protótipo para auxiliar estudantes, e qualquer interessado em aprender os conceitos de física de uma forma mais atraente e visual, fazendo o uso da tecnologia de RA em dispositivos móveis. A mesma abordagem pode ser desenvolvida para tornar outras disciplinas mais atrativas.

Após, os participantes foram perguntados sobre qual(is) aplicativo(s) de realidade aumentada já usaram, e estes responderam: “Pokemon Go”, “Óculos VR”, “Aplicativos câmera do Xperia Z2”, “Vuforia”. Pode-se perceber que os participantes da pesquisa já tiveram alguma experiência com a tecnologia de RA, mostrando ter algum conhecimento prévio sobre este tema.

Figura 80- Perfil Tecnológico participantes *workshop 2*.

Fonte: Autor.

Em relação à qualidade de acesso à internet, os participantes declararam como razoável 42,9%, ruim 21,4% e péssima 14,3%. Estes valores demonstram o grande descontentamento dos participantes da pesquisa pelos serviços prestados pelas operadoras de telecomunicações, e este acesso deficitário impacta diretamente na velocidade de navegação na internet nos seus aparelhos e dispositivos móveis. Já 85,7% dos participantes declararam que usam a internet através dos *smartphones*.

Quando perguntados sobre quais aparelhos estão acostumados a usar, 100% usam o *smartphone*, mas estes também usam notebook: 92%, *tablet*: 1,7% e *Desktop*: 50%. Atualmente, o acesso às tecnologias está facilitado, com uma significativa diversidade de aparelhos, e isto é perceptível nos dados coletados da pesquisa.

Perguntados sobre qual(is) o(s) meio(s) de comunicação utilizam atualmente, os participantes responderam: *Facebook*: 92,9%, *Whats App*: 100%, e-mail: 92,9%, ligações de celular: 64,3%. Estes valores reafirmam que os dispositivos móveis são muito usados, já que todos estes meios de comunicação podem ser acessados diretamente por eles.

Quando os participantes foram questionados sobre os pontos positivos e negativos quanto ao uso do experimento de realidade aumentada e sugestões ou críticas, as seguintes respostas foram obtidas:

“O projeto tem um layout bonito e é muito fácil de ser utilizado”;

“A visualização das regras através da realidade aumentada ajudou na compreensão”;

“É uma boa experiência”;

“Torna mais palpável o entendimento das coisas”;

“É interessante aprender visualmente as coisas teóricas que vemos em tantas disciplinas”;

“Positivos: melhor exposição do conteúdo, fixação maior por parte do aluno, Negativos: necessidade de *hardware* para utilizar a realidade virtual”.

Os *feedbacks* da aplicação dois foram positivos, pois os participantes gostaram de usar o protótipo em seus *smartphones* e todo o material usado durante o *workshop* foi compartilhado. Após a execução do *workshop* dois, eles continuaram com acesso ao protótipo através dos seus *smartphones* de forma livre e gratuita.

Foi possível observar que 28,6% concordaram totalmente e 35,7% concordaram parcialmente que a experiência aumentou a motivação deles em aprender física. No que se refere ao fato de a Realidade Aumentada contribuir para autonomia do aluno no processo de aprendizagem, 64,3% concordaram totalmente e 35,7% concordaram parcialmente. Podemos inferir que houve uma contribuição importante para o aprendizado dos conceitos desenvolvidos e que o protótipo contribuiu de forma positiva para autonomia dos alunos e aprendizagem dos conceitos abordados.

### 4.3 TERCEIRA APLICAÇÃO

A terceira aplicação da pesquisa foi realizada no dia 24 de novembro de 2017, no IFRS (Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul), Campus Osório. O público-alvo foram 11 estudantes do curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas. A apresentação foi na modalidade *workshop*, com duração de 3 horas. Os recursos utilizados foram: Laboratório de informática, quadro branco, Datashow, acesso à internet, jogo de xadrez, manual de instalação App *Augment*, manual de xadrez clássico e manuais de xadrez para os jogos modificados de Entropia, Gravidade e Conservação de Energia com RA.

Não foram exigidos conhecimentos prévios sobre os temas abordados, o único recurso sugerido, mas não obrigatório para os participantes, foi o *smartphone*.

Os temas abordados foram apresentados de forma lúdica e não convencional. Ao final da atividade, os participantes puderam contribuir através de um questionário *online* e relatos escritos de sua experiência na execução do protótipo. A explanação foi planejada com antecedência, para que os envolvidos tivessem tempo hábil de conhecer a teoria e se ambientar ao protótipo, jogando-o.

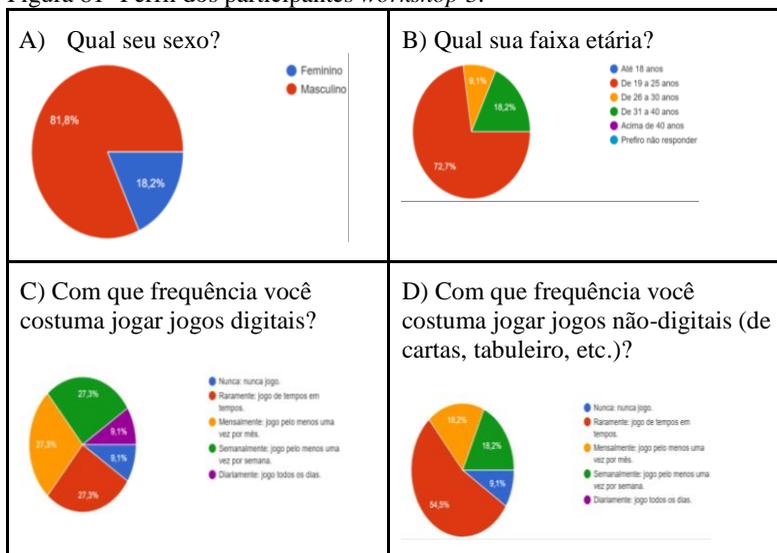
Os participantes da pesquisa foram divididos em duplas, receberam um jogo de xadrez, e os manuais pertinentes a cada jogo.

Quadro 5- Terceira aplicação da pesquisa.

	Assuntos abordados	Metodologia usada
<i>Workshop 3</i>	Conceito de RA e sua origem	Apresentação dos conceitos e origem histórica da RA;
		Apresentação do RA para <i>smartphones</i> ;
	Jogo de xadrez tradicional	Ilustração das regras do xadrez tradicional, utilizando a RA;
	Conceito de Entropia	Apresentação do jogo de xadrez Entropia;

		Ilustração das regras do xadrez Entropia, utilizando a RA;
Conceito de Gravidade		Apresentação do jogo de xadrez Gravidade;
		Ilustração das regras do xadrez Gravidade, utilizando a RA;
Conceito de Conservação de Energia		Apresentação do jogo de xadrez Conservação de Energia;
		Ilustração das regras do xadrez Conservação de Energia, utilizando a RA;
Jogo de xadrez modificado Entropia com RA		Realização das partidas de xadrez modificados entre os participantes.
Jogo de xadrez modificado Gravidade com RA		
Jogo de xadrez modificado Conservação de Energia com RA		
<b>Aplicação de um questionário <i>online</i> ao final.</b>		

Fonte: Autor.

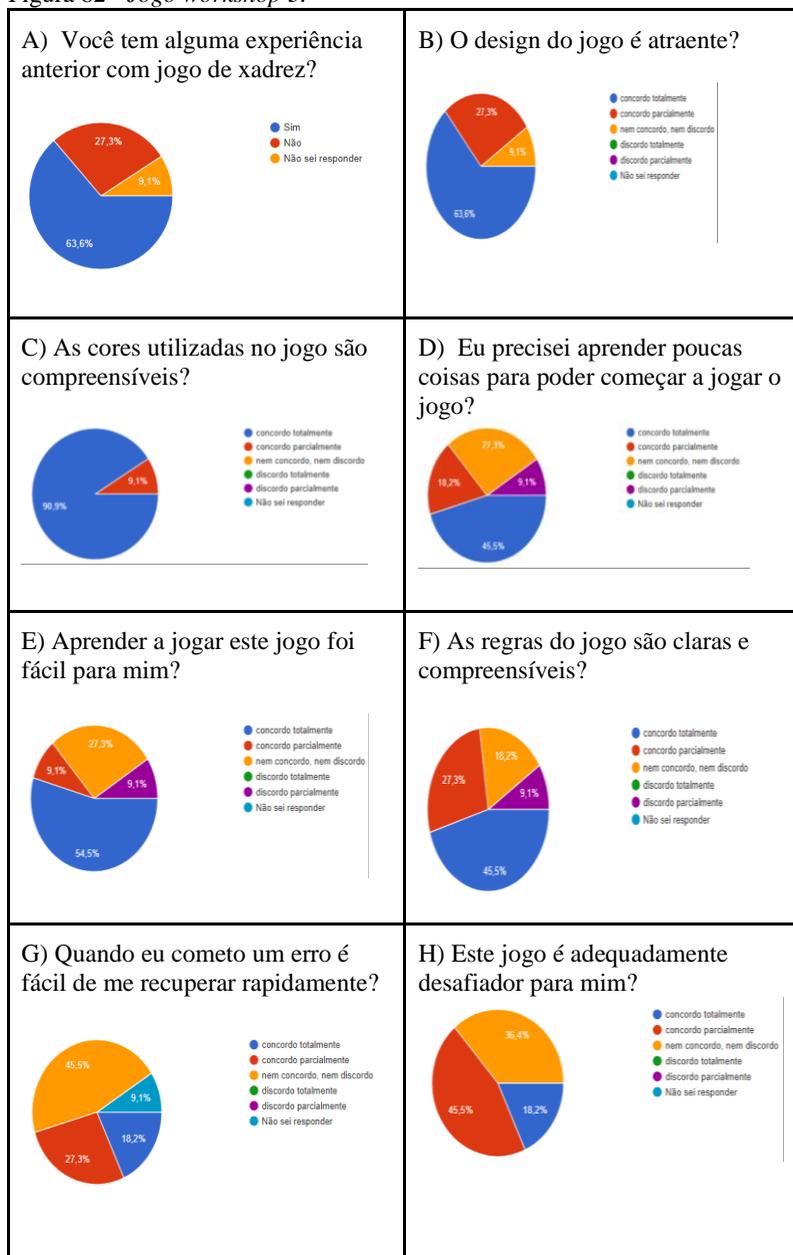
Figura 81- Perfil dos participantes *workshop* 3.

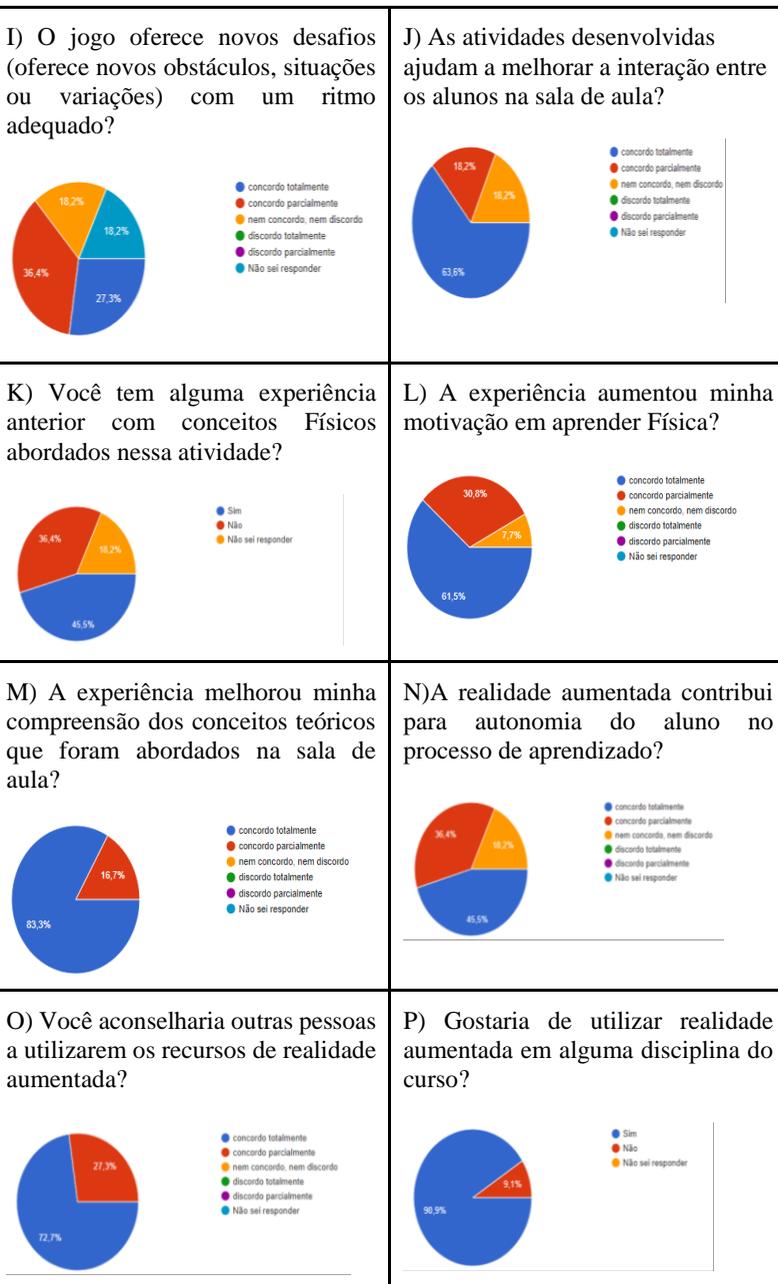
Fonte: Autor.

A análise dos resultados obtidos, na aplicação da pesquisa no *workshop* três, demonstra que 81,8% dos participantes pertencem ao sexo masculino e somente 18,2% ao sexo feminino. Pode-se observar na aplicação da pesquisa nos *workshops* dois e três que a grande maioria dos participantes foi do sexo masculino, comparando com o *workshop* 1º Slat Jogos, percebe-se a diferença, pois neste a distribuição dos sexos dos participantes foi quase igualitária.

A faixa etária entre 19 a 25 anos foi de 72,7% e 18,2% de 31 a 40 anos. Este valor demonstra que, na aplicação três, tivemos participantes com idade mais elevada em relação às aplicações um e dois. A frequência com que os participantes costumam jogar jogos digitais apresentou os seguintes resultados: 9,1% jogam diariamente, 27,3% semanalmente, 27,3%, raramente 27,3%. Pode-se observar que os participantes costumam jogar jogos digitais com uma frequência menor em relação aos participantes da aplicação dois. Supõem-se que o fator idade pode ter alguma influência neste quesito.

Já em relação aos jogos não digitais, os resultados foram os seguintes: 54,5% raramente jogam esses jogos, 9,1% nunca jogam e 18,2% jogam semanalmente. Nota-se uma preferência por jogos digitais pelos participantes.

Figura 82 - *Jogo workshop 3.*



Fonte: Autor.

Pode-se observar que, quando os entrevistados foram questionados, se já tiveram uma experiência anterior com o jogo de xadrez mais da metade respondeu afirmativamente. Sobre o design do jogo ser atraente, 63,6 % concordaram totalmente, 27,3%, concordaram parcialmente e apenas 9,1% não concordaram e nem discordaram. A grande maioria dos participantes em todas as aplicações concordaram que o design do jogo de xadrez modificado é atraente. Pode-se inferir no *workshop* dois que 50% dos participantes consideram o design do jogo de xadrez modificado atraente, e este valor vai ao encontro da aplicação a pesquisa no *workshop* três onde 63,6% dos participantes concordaram que o design do jogo é agradável.

Em relação às cores utilizadas no jogo, obtiveram-se os seguintes percentuais, 90,9% concordaram totalmente e apenas 9,1% concordaram parcialmente. Estes valores obtidos vão ao encontro da proposta do desenvolvimento do protótipo em modelos 3D de xadrez modificado para que seja atrativo para o aprendizado de conceitos físicos para os seus usuários, alunos e todos os interessados em fazer uso deste protótipo em dispositivo móvel. O mesmo resultado pode-se observar nas outras aplicações em que os participantes da pesquisa declaram que o jogo tem um design interessante e cores compreensivas.

Em relação à compreensão das regras dos jogos, a maioria dos participantes respondeu que foram claras e compreensíveis e nenhum participante discordou.

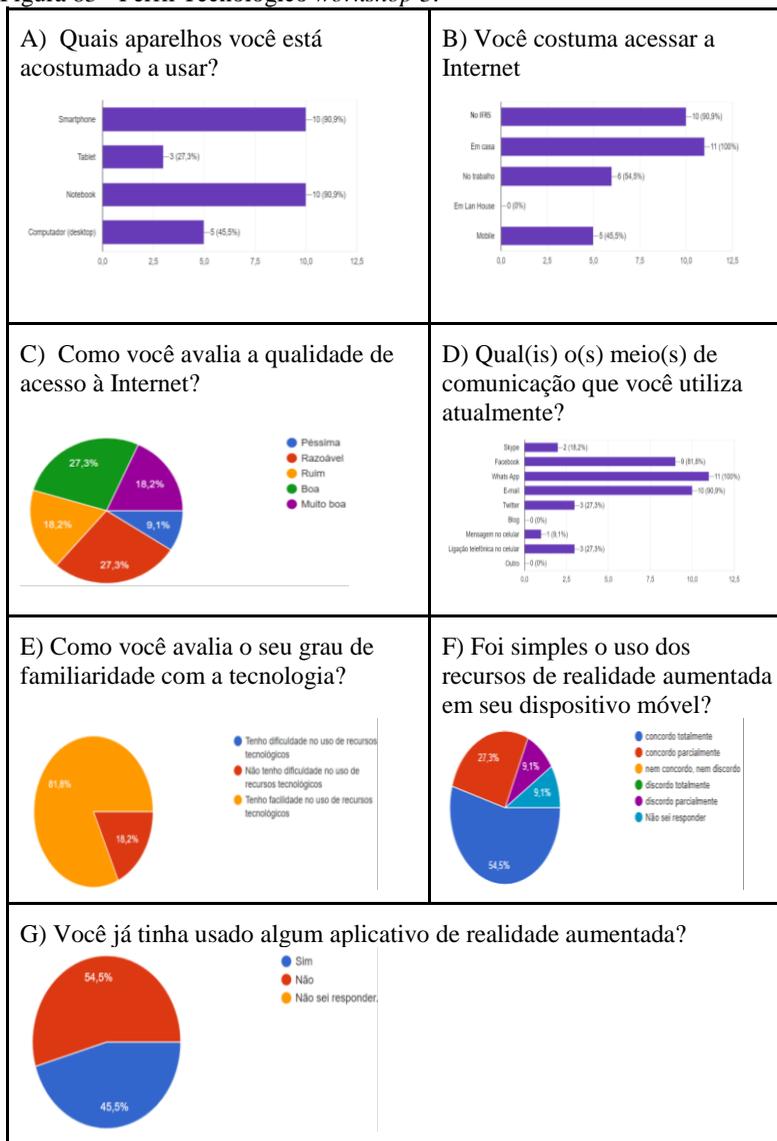
No que se refere ao jogo ser adequadamente desafiador, 45,5% concordaram parcialmente e 18,2% totalmente. Quando questionado se o jogo oferece novos desafios em um ritmo adequado, nenhum participante discordou.

No que concerne à melhoria na interação entre os alunos na sala de aula, 63,6% concordaram totalmente e 18,2% parcialmente, ou seja, o jogo melhorou a interação dos alunos com o conteúdo e entre eles. Quando questionados se a RA contribui para autonomia no processo de aprendizado, 45,5% concordaram totalmente e 36,4% concordaram parcialmente, portanto a RA contribui para o processo de aprendizado e nenhum participante discordou sobre estes aspectos.

Em relação aos conceitos teóricos que foram abordados, 83,3% concordaram totalmente e 16,7% concordaram parcialmente, portanto, a experiência melhorou a compreensão dos conceitos. A maioria dos participantes em todas as aplicações concordaram com este quesito, isto demonstra o quanto a RA pode ser utilizada em ambientes de estudo. Além disso, 72,7% dos participantes concordaram totalmente em aconselhar outras pessoas a utilizarem os recursos de RA e 27,3%

concordaram parcialmente. Pode-se observar que a maioria dos participantes concordam com este quesito.

Figura 83 - Perfil Tecnológico *workshop 3*.



Fonte: Autor.

Quando os participantes foram questionados se tiveram alguma dificuldade na realização das atividades propostas durante a execução do *workshop* três, por unanimidade não foi relatada nenhuma dificuldade.

Logo mais, quando os participantes foram questionados sobre quais disciplinas do curso de Análise e Desenvolvimento de Sistema gostariam de utilizar a tecnologia de RA, responderam: “Web”, “Mobile”, “Interface Humano Computador”, “Estrutura de Dados”, “Mobile”, “Disciplina própria”, “Estamos tendo uma cadeira de RA”. Percebe-se que estes estudantes possuem conhecimentos avançados sobre RA e ainda estão fazendo uma disciplina específica com RA no seu curso, o que qualifica a pesquisa.

Adiante, os participantes foram perguntados sobre qual(is) aplicativo(s) de RA já usaram. Destes responderam: “Pokemon Go”, “Vuforia e alguns Carboards”, “Estamos desenvolvendo um App na disciplina de RA”;

Os participantes declaram em relação à qualidade de acesso à Internet como razoável 27,3%, ruim 18,2%, péssima 9,1% e boa 27,3%. Mais da metade dos participantes estão descontentes com os serviços prestados pelas operadoras de telecomunicações. Já 45,5% dos participantes declaram que acessam a internet através dos seus *smartphones*, este percentual é quase a metade da porcentagem dos participantes da segunda aplicação neste questionamento.

Perguntados qual(is) o(s) meio(s) de comunicação que você utiliza atualmente, as respostas foram: *Whatsapp* manteve-se em 100%, seguido pelo *Facebook* com 81,8%, as ligações de celular tiveram uma queda pela metade, ficando em 27,3%. Estes números mostram que os participantes da pesquisa fazem muito menos ligações de celular do que os participantes da aplicação 2. E o acesso ao *Whatsapp* e *Facebook* se manteve elevado.

Quando os participantes foram indagados a indicar os pontos positivos e negativos quanto ao uso do experimento Realidade Aumentada e compartilhar as suas críticas e sugestões para a melhoria do jogo, as respostas foram as seguintes:

“É legal, diferente”;

“Design é muito bonito”;

“Aplicação tá muito boa; a parte de 3D tá show”;

“Fácil de usar e baixar a App”;

“O jogo muito interessante, um modelo bem atrativo para uso em sala de aula, infelizmente no Brasil o acesso à internet dificulta o trabalho”;

#### 4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os dados da pesquisa descritos no capítulo anterior demonstraram uma grande aproximação dos participantes com a tecnologia e os jogos digitais, pode-se inferir que isto se deu pelo fato de a maioria deles serem estudantes de TI (Tecnologia da Informação). Os resultados demonstraram que, durante as três aplicações da pesquisa em formato de *workshop*, os estudantes se sentiram motivados em aprender física e o protótipo de jogo de xadrez modificado com RA foi essencial para este resultado. Foi possível deduzir que os sujeitos da pesquisa estão fazendo uso do *smartphone* com mais frequência em comparação ao Desktop. Este fato vai ao encontro do desenvolvimento de mais aplicações exclusivas para uso em dispositivos móveis, e a RA é uma das formas de atender a esta constatação.

A maioria dos participantes declararam que tiveram que aprender poucas coisas para usar o protótipo de jogo de xadrez modificado, com exceção somente de um participante que declarou sentir mais dificuldade, e o mesmo foi orientado durante o *workshop*. Este mesmo participante que declarou a dificuldade recomendou a aplicação do protótipo para ensino de física. Durante a aplicação da pesquisa, todos os aparelhos dos sujeitos funcionaram perfeitamente com o protótipo e não foi registrado nenhum tipo de limitação de *hardware* ou *software*. Cabe destacar que foi utilizado em aparelhos como: *smartphones* e *tablets* todos com acesso à internet liberado por *wifi*. O teste com rede móvel realizado pelos sujeitos da pesquisa também se mostrou satisfatório. A maioria dos aparelhos dos participantes funcionavam com sistema operacional *Android*.

Os questionários e relatos dos sujeitos atestaram a qualidade da aplicação e seu uso. Estes recomendaram que fossem empregadas mais aplicações com RA em outras disciplinas na sala de aula e recomendam a RA para outras pessoas, validando a proposta da pesquisa.

Melhoraram-se as interações dos alunos na sala de aula e fora dela com os participantes, compartilhando em suas redes sociais os modelos em 3D de tabuleiro de xadrez modificado com RA. A motivação em aprender conceitos de física melhorou. A RA é muito visual, oferecendo uma interação com o mundo real a partir de objetos virtuais, ou seja, a contribuição lúdica do xadrez em oferecer novos desafios aos sujeitos ligados a novas tecnologias estimulou os estudantes em aprender física.

## 5 CONCLUSÃO

Neste trabalho foram pesquisadas as ferramentas de modelagem tridimensional disponíveis para o desenvolvimento dos modelos de tabuleiros de xadrez 3D para dispositivos móveis com Realidade Aumentada. Através dos requisitos técnicos criados, foi analisada uma série de ferramentas, após foram selecionadas as que melhor se adequaram ao projeto. Usaram-se os requisitos técnicos como linha de corte para excluir as ferramentas que não cumpriram todas as exigências necessárias. A segunda fase desta linha de corte foi selecionar ferramentas que foram aprovadas nos testes práticos realizados. Os *softwares* que foram selecionados para esta pesquisa estão descritos em detalhes no desenvolvimento deste trabalho. Os que melhores cumpriram todos estes requisitos foram o *software* tridimensional Cinema 4D Studio e a plataforma *Web Augment*.

As ferramentas escolhidas são de licença gratuita para fins educacionais e não têm exigência de *hardware* especial, como os que possuem uma grande capacidade de processamento de imagens e renderização. Para tal, se enquadraram nesta classificação de requisitos de *hardware* especial o motor de *games Unreal*. O processo de modelagem e renderização dos objetos 3D criados no Cinema 4D Studio ocorreu de forma rápida e eficaz, não foram registrados travamentos ou lentidão na fase de desenvolvimento.

Para atender à proposta deste trabalho, descrito em detalhes nos objetivos desta pesquisa, optou-se por usar tecnologia que permitiu incorporar a Realidade Aumentada ao jogo de xadrez com modelos em 3D. Os modelos tridimensionais criados de tabuleiro de xadrez foram os menores, mais específicos para serem utilizados por usuários nos seus dispositivos móveis, visando à utilização nos sistemas *Android* e *iOS*, compatível com os aparelhos *smartphones* e *tablets*. Esta característica mostrou-se muito eficaz tecnicamente e uma boa solução para este trabalho.

Pode-se comprovar, durante aplicação da pesquisa, que, nos três *workshops* realizados, não foram registrados problemas de natureza técnica como: limitação de *hardware* ou incompatibilidade de *software* dos aparelhos dos usuários. Dessa forma, confirmou-se a qualidade técnica do protótipo desenvolvido para este trabalho, ou seja, os modelos 3D dos tabuleiros de xadrez. O protótipo oferece suporte para ser utilizado na maioria dos dispositivos que proporcione o mínimo de recursos tecnológicos para renderizar os modelos 3D com RA.

Cabe ressaltar que o Cinema 4D mostrou-se uma excelente ferramenta de modelagem tridimensional e a sua renderização oferece benefícios específicos para objetos que serão carregados via servidor web, isto auxilia no seu uso de forma mais rápida e eficaz.

Optou-se por deixar os modelos em 3D com um tamanho mais reduzido sem comprometer sua qualidade gráfica, quando renderizados nos aparelhos dos usuários, a fim de tornar mais rápido o funcionamento com Realidade Aumentada. Esta característica foi percebida pelos usuários e elogiada por todos os participantes desta pesquisa. Ademais, os modelos de tabuleiro de xadrez mostraram-se, na opinião da maioria dos participantes, ter design e cores atraentes.

Nos testes práticos, na fase de desenvolvimento, percebeu-se que os modelos de tabuleiro de xadrez com um tamanho de arquivo maior, desenvolvido em outras ferramentas de modelagem tridimensional, comprometeriam o funcionamento do protótipo nos dispositivos móveis dos usuários que possuem uma capacidade de processamento mais limitada. Além do mais, exigiria um tempo maior para fazer o carregamento dos modelos via Web na plataforma *Augment*. Para resolver esta questão, o protótipo de jogo de xadrez 3D que funciona com Realidade Aumentada, foi desenvolvido para atender à maioria dos dispositivos móveis sem comprometer sua funcionalidade ou o aparelho do usuário.

Pode-se inferir que a Realidade Aumentada possui uma qualidade adequada para o ensino e que deve ser explorada para acrescentar mais informações ao mundo real, seja através do rastreamento de marcadores 2D ou objetos físicos, e inclusive misturando objetos virtuais com o mundo real como: imagens, animações, hologramas, entre outros. São ações como essas que podem tornar a aprendizagem mais atrativa para os alunos, independente da disciplina.

O trabalho desenvolvido nesta dissertação ofereceu uma experiência capaz de propor a união da tecnologia de RA com os recursos de comunicação mais utilizados na web atualmente. Estes recursos contribuíram para uma melhor avaliação do protótipo por seus usuários, tornando-o uma ferramenta relevante para o compartilhamento de postagens e análise de *feedbacks* nos conteúdos postados com tecnologia de RA entre os usuários de rede sociais, de forma rápida e dinâmica.

Os sujeitos puderam compartilhar os modelos de jogos de xadrez modificados em suas redes sociais, o que se tornou uma surpresa agradável para estes. Assertivamente este trabalho se preocupou em poder oferecer compatibilidade com as mídias sociais utilizadas atualmente.

Entre as duas formas mais populares de aplicação da Realidade Aumentada, estão: óculos de RA e *smartphone*, foi escolhido o *smartphone* devido a sua popularidade entre os usuários e por ele não depender de outros dispositivos para visualização dos recursos de RA.

Desenvolveu-se um manual didático para instalação e configuração do protótipo em dispositivos móveis para os usuários. Adiante, os resultados da pesquisa mostraram que o protótipo foi bem recebido e bem avaliado pelos usuários que destacaram, em sua maioria, que o protótipo de jogo de xadrez modificado com Realidade Aumentada contribui para uma melhor compreensão dos conceitos de física apresentados durante a aplicação da pesquisa. Os sujeitos reconheceram a importância da aplicação da Realidade Aumentada, chegando até a recomendar que outras pessoas façam uso desta tecnologia.

Outrossim, os participantes das três aplicações desta pesquisa gostariam de fazer uso da tecnologia de Realidade Aumentada mais vezes em sala de aula, chegando a sugerir disciplinas para esta aplicação.

No que tange a trabalhos futuros, sugere-se que sejam pesquisadas aplicações de Realidade Aumentada junto aos Óculos de RA, no intuito de aperfeiçoar esta tecnologia para outras disciplinas no contexto escolar, não se limitando apenas à física. Já que esta tecnologia teve uma excelente aceitação na pesquisa realizada e possui um potencial interdisciplinar significativo.

Além disso, sugere-se que seja realizado um estudo mais aprofundado sobre aplicabilidade do produto desenvolvido, bem como um estudo do potencial de uso dos recursos RA como ferramenta inclusiva para pessoas que têm alguma dificuldade de reconhecimento de cores, já que o modelo 3D pode ser personalizado de acordo com as necessidades específicas.

Além disso, se faz necessário um estudo mais aprofundado sobre as metodologias educacionais que podem ser utilizadas junto com os recursos do RA.

## REFERÊNCIAS

3DFILA (EUA). Camila Maria. **Tudo o que você queria saber sobre Caneta 3D e seus filamentos**. 2017. Disponível em: <<https://3dfila.com.br/tudo-o-que-voce-queria-saber-sobre-caneta-3d-e-seus-filamentos>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

3DOODLER (EUA). **3Doodler: The World's First 3D Printing Pen**. 2016. Disponível em: <<https://www.kickstarter.com/projects/1351910088/3doodler-the-worlds-first-3d-printing-pen/description>>. Acesso em: 29 set. 2016.

3DVIA STUDIO PRO. **3DVIA helps consumers make the best buying decisions**: 3DVIA helps consumers make the best buying decisions by providing the 3DEXPERIENCE in a rich and engaging *online* environment. 2017. Disponível em: <<https://www.3ds.com/products-services/3dvia>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

APPLE (EUA). **ARKIT Get Ready for ARKit 2**: Quick Look Objects in 3D and AR. Disponível em: <<https://developer.apple.com/arkit>>. Acesso em: 14 set. 2017.

ARTOOLKITX. **ArtoolkitX We are open-source, multi platform Augmented reality.**: What is artoolkitX. 2017. Disponível em: <<http://www.artoolkitx.org/>>. Acesso em: 14 jan. 2017.

AUGMENT (FRANÇA). **THE BUILDING BLOCKS TO AUGMENTED REALITY**: Mix, match, and snap together the different blocks to build your *Augmented* world. Disponível em: <<https://www.Augment.com/>>. Acesso em: 01 fev. 2017.

AUTODESK INC (BRASIL). **Assinar 3Ds MAX**. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/3ds-max/subscribe?plc=3DSMAX&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

AUTODESK INC (BRASIL). **3Ds MAX**: *Software* de modelagem, animação e renderização 3D. Disponível em:

<<https://www.autodesk.com.br/products/3ds-max/overview>>. Acesso em: 13 fev. 2017.

AUTODESSYS (EUA). **Formz Explore • Design •**

**Deliver:** AutoDesSys develops digital tools to enhance your creativity and productivity. 2017. Disponível em: <<http://www.formz.com/>>. Acesso em: 12 set. 2017.

AUTODESSYS. **Form·Z 8.6 System requirements:** form·Z 7 System requirements. Disponível em:

<<http://www.formz.com/products/formz/formzSystem.html>>. Acesso em: 12 fev. 2017.

AZUMA, R. (1997) “**A Survey of Augmented Reality**”, Presence: Teleoperators and Virtual Environments, v .6, n.4, August, p. 355-385.

AZUMA, R. et al. (2001) “**Recent Advances in Augmented Reality.**” IEEE Computer Graphics and Applications, v .21, n.6, p. 34- 47.

BIKOS, Marios et al. An Interactive *Augmented Reality* Chess Game Using Bare-Hand Pinch Gestures. **2015 International Conference On Cyberworlds (cw)**, [s.l.], p.355-358, out. 2015. IEEE.

<http://dx.doi.org/10.1109/cw.2015.15>. Disponível em:

<<https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/7398440/>>. Acesso em: 02 set. 2018.

BLENDER.ORG (HOLANDA). **Blender Open Data:** The beta release of the official Bender Benchmark is out. Disponível em:

<<https://www.blender.org/>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

BLENDER.ORG (HOLANDA). **History Blender.** 2013. Disponível em: <<https://www.blender.org/foundation/history/>>. Acesso em: 10 maio 2017.

BLENDER. **The Future: Blender 2.8:** From a new PBR Viewport to Workspaces, simpler UI and dependency graphs. The next big release brings updates all over the board. 2018. Disponível em:

<<https://www.blender.org/2-8/>>. Acesso em: 04 mar. 2018.

BIOCCA, F.; Levy, M. R. (1995) **Communication in the Age of Virtual Reality**. Lawrence Erlbaum Associates. Hillsdale, NJ.

BUHO21. **JogarXadrez clássico e modalidades**. 2018. Disponível em: <<https://www.buho21.com/>>. Acesso em: 10 maio 2017.

BURDEA, G. C. e Coiffet, P., **Virtual Reality Technology**, 2ª ed., Wiley-IEEE Press, 2003.

BURDEA, G. e Coiffet, P. (1994). “Virtual Reality Technology”. John Wiley & Sons, New York, N.Y.

COSPACES. **Make AR & VR in the classroom**: Designed to enhance 21st century learning skills. Disponível em: <<https://cospaces.io/edu/>>. Acesso em: 13 fev. 2017.

DÂMASO, D. C. O. Monografia: **O jogo de xadrez: Um olhar sobre a formação moral nas crianças**. Uberlândia: Universidade Presidente Antônio Carlos - UNIPAC, 2006.

DAUVERGNE, P. **O caso do xadrez como ferramenta para desenvolver as mentes de nossas crianças**. In: FILGHT, R. A importância do xadrez. Porto Alegre: Artmed, 2007. p. 11-17.

DENSO WAVE INCORPORATED (JAPÃO). **History of QR Code**. 2018. Disponível em: <<http://www.qrCode.com/en/history/>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

DORFMULLER-ULHAAS, K.; SCHMALSTIEG, D. Finger tracking for interaction in *Augmented* environments. **Proceedings Ieee And Acm International Symposium On Augmented Reality**, [s.l.], p.55-64, 29 out. 2001. IEEE Comput. Soc.  
<http://dx.doi.org/10.1109/isar.2001.970515>. Disponível em: <<https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/970515/>>. Acesso em: 02 set. 2018.

E. Yares, **50 Years of CAD**, Design World, September, 2013. Disponível em <<http://www.designworldonline.com/50-years-of-cad/>>. Acesso em: 28 out. 2017.

EON REALITY (EUA). **Eon reality UGMENTED AND VIRTUAL REALITY SOFTWARE AND SOLUTIONS:** Introducing a premiere suite of AR & VR products, designed and built for enterprise. Disponível em: <<https://www.eonreality.com/>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

EPIC GAMES (EUA). **Unreal Engine for AR, VR & MR.** Disponível em: <<https://www.unrealengine.com/en-US/vr>>. Acesso em: 01 fev. 2017.

EPIC GAMES (EUA). **Unreal Engine AR And VR For The Rest of Us: Augmented Reality for Everyone.** 2017. Disponível em: <<https://www.unrealengine.com/en-US/blog/epic-unreal-engine-wwdc-2017>>. Acesso em: 14 jan. 2017.

FACEBOOK TECHNOLOGIES. **Rift overview.** 2018. Disponível em: <<https://www.oculus.com/rift/#oui-csl-rift-games=star-trek>>. Acesso em: 12 fev. 2018.

FERGUS DUNIHO. **THE CHESS VARIANT PAGES:** Discover and play Numerous *Games* Similar to Chess. 2015. Disponível em: <<https://www.chessvariants.com/>>. Acesso em: 10 maio 2017.

FIDE. **World Chess Federation.** 2018. Disponível em: <<https://www.fide.com/>>. Acesso em: 02 dez. 2018.

FIALHO, Arivelto Bustamante **Realidade virtual e aumentada: tecnologias para aplicações profissionais** / Arivelto Bustamante Fialho. - São Paulo: Érica, 2018. 144p.

FILGUTH, R. **A Importância do Xadrez.** Porto Alegre: Artmed, 2007. 200 p.

FORTE, C. E.; KIRNER, C. **Usando Realidade Aumentada no Desenvolvimento de Ferramenta para Aprendizagem de Física e Matemática.** Unisanta - Universidade Santa. Disponível em: <<http://sites.unisanta.br/wrva/st/62200.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2017.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 176 p.

\_\_\_\_\_. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 175 p.

\_\_\_\_\_. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184p.

GÓES, D. D. C. Dissertação de Mestrado: **O jogo de Xadrez e a formação do professor de matemática**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2002. 107 p.

GOOGLE (BRASIL). **Google Trends**: Veja o que o mundo está pesquisando. Disponível em: <<https://trends.google.com.br/trends/?geo=BR>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

GOOGLE (EUA). **ARCore Overview**: Discover. Disponível em: <<https://developers.google.com/ar/discover/>>. Acesso em: 10 fev. 2018.

GOOGLE. **Sketchup Pense em 3D. Desenhe em 3D.**: Divirta-se um pouco enquanto faz isso. Disponível em: <<https://www.sketchup.com/pt-BR>>. Acesso em: 10 fev. 2018.

GOOGLE VR (EUA). **Google Cardboard**. 2018. Disponível em: <<https://vr.google.com/cardboard/>>. Acesso em: 12 fev. 2018.

GOOGLE VR. **Daydream Dream with your eyes**: open Simple, high quality virtual reality. 2018. Disponível em: <<https://vr.google.com/daydream/>>. Acesso em: 10 fev. 2018.

HEILIG, Morton L. **THE FATHER OF VIRTUAL REALITY: SENSORAMA MACHINE**. 2018. Disponível em: <<http://www.mortonheilig.com/InventorVR.html>>. Acesso em: 12 set. 2018.

I.E. Sutherland, "**Sketchpad Demo (1/2)**". Disponível em <[http://www.youtube.com/watch?v=USyoT\\_Ha\\_bA](http://www.youtube.com/watch?v=USyoT_Ha_bA)>. Acesso em: 24 out. 2017.

\_\_\_\_\_. "**Sketchpad Demo (2/2)**". Disponível em <<http://www.youtube.com/watch?v=BKM3CmRqK2o>>. Acesso em: 24 out. 2017.

\_\_\_\_\_. "**The ultimate display**", in Proceedings of IFIPS Congress, New York City, NY, vol. 2, May 1965, pp. 506-508.

INSCAPE (FRANÇA). **Why Inscape**: Inscape VTS Turnkey Virtual Training solution. Disponível em: <<http://www.inscape3d.com/en/>>. Acesso em: 04 fev. 2017.

INSTAVR (EUA). **InstaVR Make your VR apps in minutes: Grow Your Business Using Virtual Reality**. Disponível em: <<http://www.instavr.co/>>. Acesso em: 04 fev. 2017.

JACOBSON, L. **Realidade virtual em casa**. Rio de Janeiro: Berkeley, 1994.

KIRNER, Claudio. **50 ANOS DE REALIDADE VIRTUAL (1963 – 2013)**. Disponível em: <<http://ckirner.com/download/artigos/50%20ANOS%20DE%20REALIDADE%20VIRTUAL.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

KIRNER, C.; KIRNER, T.G. **Evolução e Tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada**. In: Ribeiro, M.W.S.; Zorzal, E.R. (Org.). Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências. Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências. 1ed.Porto Alegre: SBC, 2011, v. 1, p. 8-23.

KIRNER, C. **Evolução da Realidade Virtual no Brasil**. In: X Symposium on Virtual and *Augmented Reality*, 2008, João Pessoa. Proceedings of the X Symposium on Virtual and *Augmented Reality*. Porto Alegre: SBC, 2008. v. 1. p. 1-11.

KIRNER, C. **Realidade Virtual e Aumentada**. Disponível em <<http://www.realidadevirtual.com.br>>. Acesso em: 30 out. 2017.

KIRNER, C.; TORI, R. (2004) "**Introdução à Realidade Virtual, Realidade Misturada e Hiper-realidade**", In: Claudio Kirner; Romero Tori. (Ed.). Realidade Virtual: Conceitos, Tecnologia e Tendências. 1ed. São Paulo, v. 1, p. 3-20.

PACKER, R; Jordan, K. (ed.) (2001) **Multimedia: From Wagner to Virtual Reality**. W. W. Norton & Company. 396p.

KYOTOPRIZEUSA, **Inventing the Sketchpad and Sutherland's Other Pioneering Contributions**, June 2012. Disponível em <<http://kyotoprize-us.org/inventing-the-sketchpad-and-sutherlands-other-pioneering-contributions/>>. Acesso em: 01 nov. 2017.

LEMOS, B. M. **Uso de realidade aumentada para apoio ao entendimento da relação de Euler**. Novas Tecnologias na Educação: CINTED-UFRGS, Porto Alegre, v. 8, Julho 2010. ISSN 2.

MARTINS, Luis. **A Realidade morreu - Viva a Realidade Aumentada!** (Locais do Kindle 246). UNKNOWN. Edição do Kindle. 2017.

MATOS, Alexandre de. **O Ensino de Física Através de Analogias com Variantes do Jogo de Xadrez: Potencializado com Realidade Aumentada** / Alexandre de Matos - Araranguá: UFSC, 2017. Dissertação de Mestrado. 166p.

MAXON (EUA). **Cinema 4D SYSTEM REQUIREMENTS**: Minimum System Requirements Cinema 4D and BodyPaint 3D. Disponível em: <<https://www.maxon.net/en/products/info-sites/system-requirements/>>. Acesso em: 04 set. 2017.

MAXON COMPUTER (BRASIL). **CINEMA 4D: VISÃO GERAL**. 2017. Disponível em: <<http://www.cinema4d.com.br/>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

MAXON (EUA). **Why Cinema 4D: 3D FOR THE REAL WORLD**. 2018. Disponível em: <<https://www.maxon.net/en-us/>>. Acesso em: 13 fev. 2018.

MILGRAM, P. et al. **Augmented Reality: A Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum**. Telem manipulator and Telepresence Technologies, SPIE, V.2351, 1994. Disponível em: <[http://etclab.mie.utoronto.ca/publication/1994/Milgram\\_Takemura\\_SP1E1994.pdf](http://etclab.mie.utoronto.ca/publication/1994/Milgram_Takemura_SP1E1994.pdf)>. Acesso em: 25 jan. 2018.

MICROSOFT (EUA). **Microsoft HoloLens: Mixed reality: Your world is the canvas.** 2018. Disponível em: <<https://www.microsoft.com/en-us/hololens>>. Acesso em: 01 dez. 2017.

MICROSOFT. **Kinect para Windows.** 2018. Disponível em: <<https://developer.microsoft.com/pt-br/windows/kinect>>. Acesso em: 12 maio 2018.

NETO, J. P.; CHAUNIER, C. **Chess And Physics. Chess Variants Pages,** 1996. Disponível em: <<http://www.chessvariants.com/other.dir/physics.html>>. Acesso em: 30 nov. 2017.

NMC HORIZON. **NMC Horizon Report: 2014 Higher Education Edition.** Austin, Texas:New Media Consortium, 2014. Disponível em: <<http://cdn.nmc.org/media/2014-nmchorizon-report-he-EN-SC.pdf>>. Acesso em: 23 fev. 2017.

NMC: THE NEW MEDIA CONSORTIUM (Org.). **THE HORIZON REPORT: 2004 EDITION.** 2004. Disponível em: <[https://www.nmc.org/sites/default/files/pubs/1316813245/2004\\_Horizon\\_Report.pdf](https://www.nmc.org/sites/default/files/pubs/1316813245/2004_Horizon_Report.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2018.

\_\_\_\_\_. **THE HORIZON REPORT: NMC: The New Media Consortium National Learning Infrastructure Initiative.** 2005. Disponível em: <[https://www.nmc.org/sites/default/files/pubs/1316813462/2005\\_Horizon\\_Report.pdf](https://www.nmc.org/sites/default/files/pubs/1316813462/2005_Horizon_Report.pdf)>. Acesso em: 29 mar. 2018.

\_\_\_\_\_. **NMC Horizon Report: 2013 Higher Education Edition.** 2013. Disponível em: <<https://www.nmc.org/pdf/2013-horizon-report-HE.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2018.

NIANTIC. **Pokemon Go: UPDATES.** Disponível em: <<https://pokemongolive.com/en/>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

OPENSOURCE3D. **OpenSpace3D Virtual reality for all creative minds:** About OpenSpace3D. 2016. Disponível em: <<http://www.openspace3d.com/>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

PALFREY, John; GASSER, Urs. **Nascidos na era digital: entendendo a primeira geração de nativos digitais**. Porto Alegre: Artmed, 2011, 352 p.

PACKER, R; Jordan, K. (ed.) (2001) **Multimedia: From Wagner to Virtual Reality**. W. W. Norton & Company. 396p.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. D. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2ª. ed. Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2013.

ALMENARA, Julio Cabero et al. **Realidad aumentada y educación: Innovación en contextos formativos**. São Paulo: Cortez, 2016. 144 p.

SANTOS, Pedro Sérgio dos. **O que é xadrez (Primeiros Passos)** (Locais do Kindle 1). Brasiliense. Edição do Kindle. 2017.

SCHMALSTIEG, Dieter; KAUFMANN, Hannes. **Construct3D: A Virtual Reality Application for Mathematics and Geometry Education**. 2000. Disponível em:  
<<https://www.cg.tuwien.ac.at/research/vr/studierstube/construct3d/>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. ed. Rev. Atual. Florianópolis: Laboratório de Ensino à Distância da UFSC, 2001.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis, 2005.

SHENK, David. **O jogo Imortal: O que o xadrez nos revela sobre a guerra, a arte, a ciência e o cérebro humano** (Locais do Kindle 1). Zahar. Edição do Kindle. 2017

SHERMAN, Willian R. CRAIG. Alan B. **Understanding Virtual Reality: interface, application and design**. San Francisco(CA): Elsevier, 2006.

**SKETCHUP PRO 2018.** Disponível em <<https://totalcad.com.br/requisitos-minimos-sketchup/>>. Acesso em: 22 nov. 2017.

SOUZA, R. C.; KIRNER, C. **Livro Interativo de Xadrez Potencializado com Realidade Aumentada.** BDBComp - biblioteca digital brasileira da computação. Disponível em: <<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/wrva/2010/004.pdf>>. Acesso em: 9 Jan. 2017.

SUTHERLAND, I. (1968). **A Head-Mounted Three Dimensional Display.** In Proceeding of AFIPS'68 Joint computer conference (Fall, part I). Thompson Books, 757-764.

SHUBERT, Amanda. **Awakening the Dead: Film and the Technologies of Wonder.** 2013. Disponível em: <<http://www.full-stop.net/2013/11/19/features/essays/amanda/awakening-the-dead-film-and-the-technologies-of-wonder/>>. Acesso em: 13 set. 2018.

STRATA (EUA). **Augmented Reality now has a Platform.** 2017. Disponível em: <<https://www.strata.com/>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

I. SUTHERLAND. Sketchpad: **A man-machine graphical communication system.** PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology, January. 1963.

TORI, Romero. **Realidade Virtual e Realidade Aumentada Parte 1: Origens.** 2015. Disponível em: <<http://romerotori.blogspot.com/2015/05/realidade-virtual-e-realidade-aumentada.html>>. Acesso em: 10 maio 2018.

THINGLINK (EUA). **Thinglink 360° & VR EDITOR:** ThingLink's editor for 360° and VR Content allows you to bring a fully unique and immersive interactive experience directly to your audience. Browse user testimonials & use cases, product features, and technical specifications below. Disponível em: <<http://demo.thinglink.com/vr-editor>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

TRIMBLE (EUA). **Sketchup Pense em 3D. Desenhe em 3D.:** Divirta-se um pouco enquanto faz isso. Disponível em: <<https://www.sketchup.com/pt-BR>>. Acesso em: 04 jan. 2017.

TRIMBLE. **SketchUp**: O 3D warehouse contém milhões de modelos criados no SketchUp, o aplicativo de modelagem e desenho 3D mais popular do mundo. Disponível em: <<https://3dwarehouse.sketchup.com/>>. Acesso em: 29 fev. 2017.

UNITY (BRASIL). **A principal engine de criação de conteúdo do mundo**: Unity offers everything you need to build beautiful and engaging content, boost your productivity, and connect with your audience. Disponível em: <<https://unity3d.com/pt/unity>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

UNITY. **Unity para RV e RA**: Unity é a plataforma de desenvolvimento RV mais utilizada, e mais de 91% das experiências HoloLens são feitas com Unity. Disponível em: <<https://unity3d.com/pt/unity/features/multiplatform/vr-ar>>. Acesso em: 12 fev. 2017.

UNITY. **Unity Manual**: Use the Unity Editor to create 2D and 3D *games*, apps and experiences. *Download* the Editor at unity3d.com. Disponível em: <<https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

UNITY TECHNOLOGIES (Brasil). **Aprender o Unity**: Unity é uma das competências técnicas mais requisitadas e tem uma das taxas de crescimento previstas mais elevadas, acima de 35% nos próximos dois anos. Disponível em: <<https://unity3d.com/pt/learn>>. Acesso em: 14 jan. 2017.

UNITY TECHNOLOGIES. **Crie uma vez, implemente onde quiser**: Suporte para multiplataforma líder da indústria. Disponível em: <<https://unity3d.com/pt/unity/features/multiplatform>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

UNREAL ENGINE. **Hardware and Software Specifications**: Recommended *Hardware*. Disponível em: <<https://docs.unrealengine.com/en-us/GettingStarted/RecommendedSpecifications#recommendedhardware>>. Acesso em: 04 set. 2017.

UNREAL ENGINE. **Unreal Engine 4 Documentation**. Disponível em: <<https://docs.unrealengine.com/latest/INT>>. Acesso em: 29 mar. 2017.

VIZOR (EUA). **Share VR experiences with people and browsers everywhere**: Vizard is the simplest way to create and share immersive VR stories, experiences and tours with people on any device they use to get *online*. Disponível em: <<https://site.vizard.io/>>. Acesso em: 13 maio. 2017.

VYGOTSKY, Lev. *A Formação Social da Mente*. São Paulo: Fontes, 1988.

WAKING APP (ISRAEL). **ENTiTi 3.0 Professional Augmented Reality Platform**: AR creation and integration technologies. Disponível em: <<https://www.wakingapp.com>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

WANG, Huibai; SHI, Ming. Recognizing Chessboard and Positioning Checkboard in Chinese Chess Game System. **2014 Fourth International Conference On Communication Systems And Network Technologies**, [s.l.], p.1182-1186, abr. 2014. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/csnt.2014.240>. Disponível em: <<https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/6821586/>>. Acesso em: 02 set. 2018.

WAZLAWICK, Raul Sidnei. **História da Computação**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

WAZLAWICK, Raul Sidnei. **Metodologia de Pesquisa para Ciência da Computação**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

WORLDVIZ (EUA). **WORLDVIZ DOWNLOADS**: Vizard is simple yet powerful virtual reality creation and collaboration. Vizard is comprehensive, python-based VR development. Disponível em: <<https://www.worldviz.com/virtual-reality-software-downloads>>. Acesso em: 13 jan. 2017.

YÁCUT, Mohammad Mussád. **O Profeta da Misericórdia (Deus o abençoe e lhe dê paz. Alcorão)**. Disponível em <<http://www.cheikhs.org/images/books/Prophet%20of%20Mercy%20.pdf>>. Acesso em: 24 jan. 2018.

XIE, Youye; TANG, Gongguo; HOFF, William. Chess Piece Recognition Using Oriented Chamfer Matching with a Comparison to CNN. **2018 Ieee Winter Conference On Applications Of Computer Vision (wacv)**, [s.l.], p.2001-2001, mar. 2018. IEEE.  
<http://dx.doi.org/10.1109/wacv.2018.00221>. Disponível em: <<https://ieeexplore-ieee-org.ez46.periodicos.capes.gov.br/document/8354325/>>. Acesso em: 02 set. 2018.

ZORZAL, Ezequiel R., BUCCIOLI, A. A. B. and KIRNER, C. **“Desenvolvimento de Jogos em Ambiente de Realidade Aumentada”**. *SBGAMES – Simpósio Brasileiro de Jogos para Computador e Entretenimento Digital, WJogos*. São Paulo: USP, 2005.

ZORZAL, Ezequiel R., et al. **Usando realidade aumentada no desenvolvimento de quebra-cabeças educacionais**, VII Symposium on Virtual Reality, 2006

ZORZAL, Ezequiel R. et al. **Realidade Aumentada Aplicada em Jogos Educacionais**. In: V *Workshop* de Educação em Computação e Informática do Estado de Minas Gerais - WEIMIG 2006, Ouro Preto, 2006.

## APÊNDICE A: Manual de instalação do App Augment para Android

### Instruções para Instalação do App Augment para trabalhar com a Realidade Aumentada nos dispositivos Android

Sigam os seguintes passos

1. Clique no ícone App da Play Store do seu dispositivo móvel.



2. Digite **Augment** na Play Store e escolha a primeira opção.



3. Abra e instale em seu dispositivo o App da **Augment**.

**Atenção:** após a instalação do **Augment** recomendamos que o aparelho seja reiniciado.



4. Abra o aplicativo clicando no ícone da **Augment** que surgirá na tela do seu aparelho.



5. Escolha a opção **Scan** do menu lateral.



6. Aponte a câmera do seu celular para este QR code abaixo.



7. Se tudo estiver correto você deve visualizar uma imagem, parecida com esta abaixo, na tela do seu aparelho.

É possível aumentar ou diminuir a imagem.

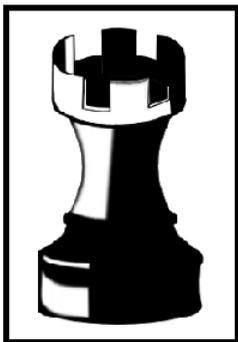
Se a imagem ficar "travando" é possível entrar no modo 3D View para otimizar a visualização.



### **Para dispositivos *Android*.**

- O primeiro passo é verificar se seu aparelho tem acesso à internet, seja ela por rede móvel, telefonia ou wi-fi.
- O segundo passo é verificar se seu aparelho tem memória suficiente para instalar a App, este espaço pode ser da memória interna do aparelho ou da memória do cartão. Se alguma delas estiver muito cheia, você pode apagar ou mesmo direcionar arquivos e Apps que estão no seu aparelho para outra memória. Para poder continuar, seu aparelho precisa ter espaço para guardar a App baixada, caso contrário o processo não será realizado. É necessário aproximadamente 20,09 MB de memória para instalar o aplicativo.
- O terceiro passo é clicar no ícone da App *Play Store* do seus dispositivos móvel *Android* e digitar *Augment*.
- No quarto passo aparecerá o logo da *Augment* em vermelho e com as frases em negrito: **Aumentada, Realidade Aumentada *Augment***.
- No quinto passo, é necessário clicar sobre ícone e escolher a opção **INSTALAR**. O aparelho fará o *download* da App e sua instalação.
- O último passo é clicar na opção **Abrir** do menu da App *Augment*, e o aparelho estará pronto para usar os recursos do projeto desenvolvidos.

Para dispositivos *MAC*, o procedimento é similar, sendo que o aplicativo *Augment* deve ser baixado da *App Store*.

**APÊNDICE B:** Manual de xadrez tradicional tracker

A **Torre** se movimenta em direções ortogonais, isto é, pelas linhas (horizontais) e colunas (verticais), não podendo se mover pelas diagonais. Ela pode mover quantas casas desejar se estiverem desocupadas pelas colunas e linhas, porém, apenas em um sentido em cada jogada.

O **Bispo** se movimenta nas direções diagonais, não podendo se mover pelas ortogonais como as torres. Ele pode mover quantas casas quiser pelas diagonais, porém, apenas em um sentido em cada jogada e desde que as mesmas estejam desobstruídas.



A **Dama** (também chamada de Rainha) pode movimentar-se quantas casas queira, tanto na diagonal, como na vertical ou na horizontal, porém, apenas em um sentido em cada jogada.

O **Rei** pode mover-se em todas as direções, mas limitado somente à sua casa vizinha.



O **Peão** é a única peça do xadrez que nunca retrocede no tabuleiro. Seu movimento é sempre para frente, exceto quando captura uma peça. No caso de captura, ele se movimenta em diagonal para frente. No seu movimento inicial, ele pode ainda optar em andar duas casas para frente ou apenas uma, e quando chega a oitava casa promove-se em qualquer peça menos, um outro Rei.

O movimento do cavalo corresponde ao movimento em "L", ou seja, anda duas casas em linha reta e depois uma casa para o lado. O cavalo goza de uma liberdade especial em seu movimento, podendo pular qualquer peça, inclusive as do adversário. Captura as peças adversárias que estejam em sua casa de chegada, mas não pode ir para uma casa ocupada por uma peça amiga.



**ANEXO A:** E-mail *Augment* modelo de Xadrez Magnético 39

20/12/2017

[*Augment*]Your model has been featured in *Augment*

Assunto [Augment] Your model has been featured  
in *Augment*  
De *Augment* <noreply@Augment.com>  
Para <marcio.jose@posgrad.ufsc.br>  
Data 13.07.2016 04:27

Hello,

We loved your public 3D model Xadrez Magnético 39 so much that we have featured it on *Augment* in our "Best of" gallery!

It's now available in the "Best of" gallery.

You can preview your 3D model [here](#).

If you don't want your model to be featured anymore, please make it a private model.

Keep sharing great 3D models!

The *Augment* team  
Email

*Augment* Inc., +1 (929) 999-1785

[https://webmail.ufsc.br/?\\_task=mail&\\_safe=1&\\_uid=10&\\_mbox=INBOX&\\_action=print&\\_extwin=1](https://webmail.ufsc.br/?_task=mail&_safe=1&_uid=10&_mbox=INBOX&_action=print&_extwin=1)

**ANEXO B:** E-mail *Augment* modelo de Xadrez Magnético 40

20/12/2017

[*Augment*]Your model has been featured in *Augment*

Assunto            [*Augment*] Your model has been featured  
in *Augment*

De                 *Augment* <noreply@*Augment.com*>

Para               <marcio.jose@posgrad.ufsc.br>

Data               13.07.2016 04:36

Hello,

We loved your public 3D model Xadrez Magnético 40 so much that we have featured it on *Augment* in our "Best of" gallery!

It's now available in the "Best of" gallery.

You can preview your 3D model [here](#).

If you don't want your model to be featured anymore, please make it a private model.

Keep sharing great 3D models!

The *Augment* team

Email

*Augment* Inc., +1 (929) 999-1785

[https://webmail.ufsc.br/?\\_task=mail&\\_safe=1&\\_uid=9&\\_mbox=INBOX&\\_action=print&\\_extwin=1](https://webmail.ufsc.br/?_task=mail&_safe=1&_uid=9&_mbox=INBOX&_action=print&_extwin=1)