



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CAMPUS DE RUSSAS**  
**CURSO DE ENGENHARIA DE SOFTWARE**

**CARLOS EDUARDO ARAÚJO DUARTE**

**ANÁLISE DE USABILIDADE DO GEOGEBRA PARA A  
APRENDIZAGEM DE GEOMETRIA ESPACIAL NO ENSINO MÉDIO**

**RUSSAS**

**2018**

CARLOS EDUARDO ARAÚJO DUARTE

ANÁLISE DE USABILIDADE DO GEOGEBRA PARA A  
APRENDIZAGEM DE GEOMETRIA ESPACIAL NO ENSINO MÉDIO

Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Software do Campus Russas da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Software.

Orientador: Prof. Dr. Markos Oliveira Freitas

**RUSSAS**

**2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

D871a Duarte, Carlos Eduardo Araújo.  
Análise de Usabilidade do Geogebra para a aprendizagem de Geometria Espacial no Ensino Médio /  
Carlos Eduardo Araújo Duarte. – 2018.  
74 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas,  
Curso de Engenharia de Software, Russas, 2018.  
Orientação: Prof. Dr. Markos Oliveira Freitas.

1. Geometria Espacial. 2. Geogebra. 3. Teste de Usabilidade. I. Título.

CDD 005.1

---

CARLOS EDUARDO ARAÚJO DUARTE

ANÁLISE DE USABILIDADE DO GEOGEBRA PARA A  
APRENDIZAGEM DE GEOMETRIA ESPACIAL NO ENSINO MÉDIO

Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Software do Campus Russas da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Software.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Markos Oliveira Freitas (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profa. Dra. Marília Soares Mendes  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Ms. Rafael Fernandes Ivo  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Ms. Daniel Márcio Batista de Siqueira  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, que sempre me ajudou em momentos difíceis e me incentivou para buscar meus sonhos.

Agradeço à minha família, principalmente à minha mãe porque, se dependesse do pai, eu não estaria aqui. Mas independente disso, agradeço a todos pelos momentos de visitas em casa, pelo meu irmão mais novo bagunçando e por todos os outros momentos de felicidade que aqui em Russas nos divertiam muito.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Markos Oliveira Freitas, que sempre me ajudou e me cobrou para que o trabalho não saísse do rumo. Além de me compartilhar seus conhecimentos, um amigo que confiou e soube da minha capacidade e que me fez chegar onde estou agora. Muito obrigado!

Além disso, agradeço à escola Unidade Educacional Coração Imaculado de Maria (UNECIM), na pessoa do professor João Carlos Franklin dos Santos, à EEEP Prof. Walter Cavalcante Maia, na pessoa do diretor Ms. Francisco Tadeu Valente Celedônio, e aos alunos dessas escolas participantes deste projeto, que me auxiliaram com essa pesquisa.

Também agradeço ao Laboratório Interdisciplinar de Computação e Engenharia de Software (LINCE), por ter disponibilizado o laboratório para a realização da pesquisa dentro da faculdade.

Agradeço os meus dois amigos, quase irmãos, Anderson Soriano e Francisco Douglas, que me auxiliam nessa jornada desde 2015, ajudando-nos uns aos outros em todos os momentos, e que sempre estiveram ao meu lado na alegria ou na tristeza, nos trabalhos ou nas AFs, nas apresentações em grupo ou individuais, agradeço muito por ter esses dois gênios ao meu lado e que nossa amizade dure bem mais que a faculdade.

E por fim, não menos importante, agradeço a todos os amigos que fiz aqui na faculdade, amigos que levarei para sempre, amigos com quem tive vários momentos bons ou ruins, momentos que os ajudei outros sendo ajudado, amigos com quem conversei e dei bastantes risadas e aqueles que me fizeram ter um prazer de sorrir sempre. E esse muito obrigado é para todos eles, a quem espero agradecer pessoalmente depois, um por um.

Muito obrigado, jovens!

## RESUMO

A Geometria Espacial é a parte da geometria que estuda o espaço, ou seja, que estuda formas e objetos em três dimensões. Visto principalmente no ensino médio, a Geometria Espacial auxilia os alunos no desenvolvimento cognitivo por estudar o conteúdo matemático que mais se aproxima do mundo real. Existem muitos softwares que auxiliam na aprendizagem de alunos e, na Geometria, um mundialmente conhecido é o Geogebra, um software que tem como objetivo a aprendizagem de matemática para diferentes níveis de ensino, do básico ao universitário. Porém, para que um software possa ser utilizado com de forma eficiente e eficaz, segundo a ISO/IEC 9241-11, o sistema precisa compor características de usabilidade. Este trabalho propõe uma análise de usabilidade do software Geogebra no ensino de Geometria Espacial utilizando Teste de Usabilidade com a participação de dois grupos de aluno de ensino médio, o primeiro de alunos que já utilizaram o Geogebra e o segundo de aluno que nunca utilizaram a ferramenta. Foram feitas comparações dos resultados dos testes utilizando o tempo de conclusão de cada tarefa proposta e o questionário pós-teste, baseado no SUS (*System Usability Scale*). Com os dados coletados, observou-se que o Geogebra possui problemas de interface e/ou interação com o usuário, apresentando erros que levaram a uma baixa pontuação. Além disso, foram incluídas algumas sugestões de melhorias para a ferramenta, a partir dos problemas identificados.

**Palavras-chave:** Geometria Espacial. Geogebra. Teste de Usabilidade.

## ABSTRACT

Spatial Geometry is the part of geometry that studies space, i.e., that studies shapes and objects in three dimensions. Studied primarily in high school, Spatial Geometry helps students in cognitive development by studying the mathematical content that is the closest to the real world. There are many software packages that help students to learn and, in Geometry, a world-wide known is the Geogebra, a software that aims to teach math for different levels of education, from basic to university. However, in order for a software to be used efficiently and effectively, according to ISO / IEC 9241-11, the system needs to compose usability characteristics. This work proposes a usability analysis of the Geogebra software in the teaching of Spatial Geometry using Usability Test with the participation of two groups of high school students, the first one of students who have used Geogebra and the second one of students who have never used the tool. Comparisons of the results of the tests were made using the time for completion of each proposed task and the post-test questionnaire, based on SUS(*System Usability Scale*). With the collected data, it was observed that Geogebra has problems of interface and / or interaction with the user, presenting errors that led to a low score. In addition, some suggestions for improvements to the tool were included, based on the identified problems.

**Keywords:** Spatial Geometry. Geogebra. Usability testing.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Interface do Software Geogebra - Janela 3D	20
Figura 2 - Ilustração da Esfera Imóvel e seus atributos	39
Figura 3 - Figura a esquerda temos a Pirâmide recém formada e a direita temos a mesma pirâmide de outro ângulo	40
Figura 4 - Construindo a Pirâmide antes e depois de utilizar a opção Desfazer	53
Figura 5 - Exemplo da fórmula do volume da Esfera com o AC	53



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Pontuação do Teste SUS do Grupo Piloto	38
Gráfico 2 - Idade dos alunos dos Grupos 1 (azul) e 2 (laranja)	42
Gráfico 3 - Tempo de estudo de Geometria Espacial dos Grupos 1 (azul) e 2 (laranja)	42
Gráfico 4 - Número de perguntas realizadas no teste por alunos dos Grupos 1 e 2	47
Gráfico 5 - Quantidade de perguntas por Grupo	48
Gráfico 6 - Quantidade de perguntas por Tarefa	48
Gráfico 7 - Quantidade de problemas encontrados pelos alunos	49
Gráfico 8 - Quantidade de Subtarefas realizadas e Subtarefas não realizadas por aluno	49
Gráfico 9 - Tempo médio de cada Tarefa	54
Gráfico 10 - Tempo somado de cada Subtarefa	55
Gráfico 11 - Resposta do Questionário de Usabilidade do Grupo 1	56
Gráfico 12 - Resposta do Questionário de Usabilidade do Grupo 2	57
Gráfico 13 - Pontuação do Questionário SUS no Grupo 1	58
Gráfico 14 - Pontuação do Questionário SUS no Grupo 2	59
Gráfico 15 - Média dos resultados dos Grupos do Questionário SUS	60

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Características do Prisma	14
Tabela 2 - Características do Cubo	15
Tabela 3 - Características da Pirâmide	15
Tabela 4 - Características do Cilindro	16
Tabela 5 - Características do Cone	16
Tabela 6 - Características do Tronco de Pirâmide	17
Tabela 7 - Características do Tronco de Cone	18
Tabela 8 - Características da Esfera	18
Tabela 9 - Ícones da ferramenta Geogebra - Janela 3D	20
Tabela 10 - Características de Nielsen	21
Tabela 11 - Heurísticas de Nielsen	22
Tabela 12 - Exemplo de Pontuação SUS	24
Tabela 13 - Tempo de cada Usuário do Teste Piloto	36
Tabela 14 - Tarefas realizadas pelos usuários do Teste Piloto	37
Tabela 15 - Tempo de cada Subtarefa dos alunos do Grupo 1	50
Tabela 16 - Tempo de cada Subtarefa dos alunos do Grupo 2	51

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>14</b>
2.1. Geometria Espacial	14
2.2. Software Geogebra	19
2.3 Usabilidade	21
<b>3. TRABALHOS RELACIONADOS</b>	<b>26</b>
<b>4. OBJETIVOS</b>	<b>28</b>
4.1 Objetivo Geral	28
4.2 Objetivo Específico	28
<b>5 . METODOLOGIA</b>	<b>29</b>
5.1. Planejamento do teste de usabilidade	29
5.2. Criação do Roteiro de Atividades	30
5.3. Realização de Testes Piloto	31
Usuário FGLP	31
Usuário FWSS	32
Usuário MBC	32
Usuário CMOM	33
Usuário ASA	33
Usuário LFSG	33
Usuário AFFC	34
Usuário JMOF	34
Usuário JLM	34
Usuário MSC	35
Resultados do Teste Piloto	35
Problemas encontrados durante o Teste Piloto	39
1. <i>Problema da Esfera Teimosa</i>	39
2. <i>Problema da Pirâmide Ilusionista</i>	39
5.4. Acompanhamento dos alunos antes do teste	40
5.5. Caracterização dos Alunos	41
5.6. Realização dos Testes com os Alunos	43
Aluno ASO	43
Aluno FALRF	44
Aluno GCG	44
Aluno MMAE	44

Aluno VMAE	45
Aluno AML	45
Aluno DTFL	45
Aluno GSL	46
Aluno ICLG	46
Aluno MVFN	46
Problemas Encontrados	52
1. <i>Problema da Linha Perdida.</i>	52
2. <i>Problema do Parêntese Indestrutível.</i>	53
5.7. Análise dos Resultados	53
5.8. Análise do Questionário SUS	56
<b>6. CONCLUSÃO</b>	<b>61</b>
6.1. Sugestões	61
6.2. Trabalhos futuros	62
<b>7. REFERÊNCIAS</b>	<b>63</b>
<b>APÊNDICES</b>	<b>66</b>
APÊNDICE A - Questionário de Caracterização do Aluno	66
APÊNDICE B - Questionário do Observador	67
APÊNDICE C - Questionário de Usabilidade do Geogebra	68
APÊNDICE D - Descrição da Atividades de Teste	70
APÊNDICE E - Termo de Consentimento Informado (UNECIM)	72
APÊNDICE F - Termo de Consentimento Informado (Walter Cavalcante Maia)	73
APÊNDICE G - Guia de Atividades	74

## 1. INTRODUÇÃO

A Geometria é um dos conteúdos de matemática do ensino médio de extrema importância para o desenvolvimento do raciocínio, além de ser responsável por desenvolver habilidades básicas para a leitura do mundo (FAINGUELERNT, 1999). O ensino de Geometria Espacial é responsável por desenvolver conceitos geométricos fundamentais para o desenvolvimento cognitivo. Esse conteúdo da geometria tornou-se uma questão bastante incerta, pois é visível que grande parte dos alunos possuem dificuldade para a realização de tarefas que necessitam a mobilização de habilidades espaciais ou que exigem a construção/compreensão de representações de objetos tridimensionais, bem como de sua representação bidimensional (BORSOI, 2016).

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), a Geometria Espacial tem como objetivo desenvolver a percepção do espaço e dar significado aos seus conceitos geométricos. Contudo, os alunos estão habituados a lidar apenas com figuras planas estáticas. Além disso, os PCNs (1998) afirmam que, quando os alunos têm de representar um objeto geométrico por meio de um desenho, buscam entre a representação do objeto e suas propriedades e organizam o conjunto do desenho de uma maneira compatível com a imagem mental global que tem do objeto. A dificuldade é de encontrar articulações entre propriedades que ele conhece e a maneira de organizar o conjunto do desenho, pois ele deverá escolher entre sacrificar ou transformar algumas delas.

Essas dificuldades podem estar relacionadas ao fato da Geometria Espacial ser trabalhada nas escolas com ênfase em fórmulas de áreas e volumes, sem possibilidades de experimentação e manipulação de objetos geométricos e sem que se permita ao aluno mobilizar habilidades de análise e interpretação (BORSOI, 2016).

Com o surgimento dos softwares educacionais, essa dificuldade foi amenizada, uma vez que os eles podem ser comparados ou vistos como materiais “concretos virtuais”, possibilitando a quebra do obstáculo que é a visualização em uma terceira dimensão (CAVAGNI, 2010). Pode-se citar como exemplo o software de geometria dinâmica Geogebra, um software que dispõe de diversos recursos e que permite ao aluno uma nova forma de se pensar o processo de aprendizado, pois proporciona uma relação mais próxima entre o aluno e o objeto de estudo.

Esses recursos tridimensionais auxiliam na compreensão de propriedades de desenhos geométricos. O trabalho de Gravina e Santarosa (1998, p.14) afirma que, através dos desenhos de objetos, podem ser aplicadas relações geométricas que caracterizam a situação do objeto, em que o aluno age num contexto abstrato sobre os objetos matemáticos mas com o suporte da representação na tela do computador.

Essa concepção deve fazer parte da base para uma nova proposta para a educação matemática, vista não como conteúdo justificado por sua existência, mas como instrumento que participa da organização da atividade humana. (CAVAGNI, 2010).

Entretanto, não se pode dizer que o uso dessas novas ferramentas sempre dará bons resultados, pois esse tipo de ferramenta pode conter problemas de usabilidade que não apenas dificultam o uso do sistema, como prejudicam a aprendizagem dos conteúdos apresentados (REATEGUI, 2007). E, para os alunos, esses problemas de aprendizagem podem resultar em uma deficiência em Geometria Espacial., Portanto, é importante realizar a avaliação dessas ferramentas antes de levá-las para ambiente escolar (COSTA, 2016).

Nos trabalhos de Cavagni (2010) e de Reis (2014), o software Geogebra foi avaliado de forma comparativa, com foco em Geometria Plana e uso de dispositivos móveis, respectivamente. No trabalho de Steinmacher (2014), é realizada uma análise de usabilidade do software com professores. Nenhum desses trabalhos fez uma avaliação da ferramenta de Geometria Espacial do Geogebra com alunos, que é o foco deste trabalho.

Nesse sentido, o objetivo desse trabalho é promover uma análise sobre a usabilidade do software de ensino de matemática Geogebra na aprendizagem de Geometria Espacial para alunos de ensino médio. Serão feitos estudos comparativos entre alunos que já utilizaram a ferramenta Geogebra, definido como o Grupo 1, e alunos que nunca utilizaram antes, definido como Grupo 2. Com isso, será possível observar vantagens e desvantagens da ferramenta e analisar se ela apresenta ou não problemas referentes ao seu uso.

Este trabalho está organizado em 6 seções. Na Seção 2, será vista a fundamentação teórica, em que estão abordados os conceitos de Geometria Espacial, Geogebra e Usabilidade. Na Seção 3, serão vistos os Trabalhos Relacionados que foram tomados como base para esse trabalho. Na Seção 4, serão apontados os objetivos do trabalho. Na Seção 5, será apresentada a metodologia de como ocorreu o projeto, apresentando como se deram os testes de usabilidade, os resultados obtidos e as conclusões a partir disso. Finalmente, na Seção 6, serão apresentadas as conclusões e as propostas de trabalho futuro.

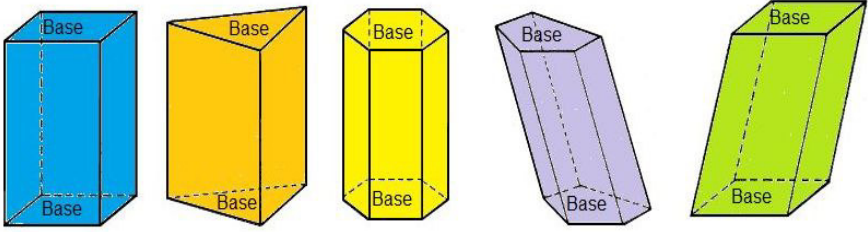
## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. Geometria Espacial

O estudo de Geometria é de extrema importância para o desenvolvimento do raciocínio espacial e é responsável por desenvolver habilidades básicas para a leitura do mundo. (FAINGUELERNT, 1999). No estudo de Geometria Espacial, alunos são convidados a ampliar sua capacidade de abstração e, conseqüentemente, melhorar a habilidade de visualização espacial. Ela contempla diversos conceitos que auxiliam no desenvolvimento cognitivo dos alunos, e se trata da área matemática que mais se aproxima do mundo real.

A Geometria Espacial estuda a geometria no espaço, ou seja, consiste no estudo de formas e objetos com visualização de três dimensões, comprimento, largura e altura (CASTRO, 2014). Ela conceitua elementos e características relacionadas às formas estudadas, como área e volume. As principais figuras geométricas estão relacionadas a seguir. Dentre elas, a mais estudada é o prisma, pois abrange grande parte do conteúdo ensinado em aula. Todos os sólidos apresentados a seguir serão objetos de estudo deste trabalho.

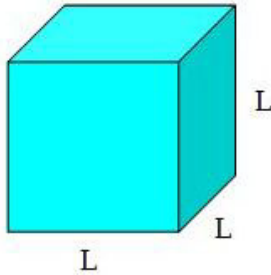
Tabela 1 - Características do Prisma

<b>Prisma</b>			
Descrição	<p>O Prisma é um sólido cujas bases são regiões poligonais congruentes e paralelas, podendo ser qualquer tipo de forma planar, por exemplo: triângulo, quadrilátero, hexágono, etc. Suas faces laterais são regiões em forma de paralelograma (CASTRO, 2014). Por não ser um sólido único, não é possível representar em fórmulas suas características abaixo.</p>		
Área da Base ( $A_b$ )	Área Lateral ( $A_l$ )	Área Total ( $A_t$ )	Volume ( $V$ )

Depende da base	perímetro da base * altura	$2*Ab + Al$	$Ab * altura$
-----------------	-------------------------------	-------------	---------------

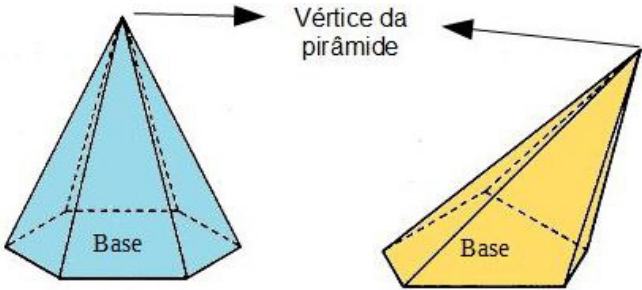
Fonte: CASTRO, 2014

Tabela 2 - Características de Cubo

<b>Cubo</b>			
Descrição	Um dos objetos mais simples de estudar, o Cubo é um prisma regular limitado por 6 quadrados congruentes, cuja a aresta mede L (CASTRO, 2014).		
Área da Base (Ab)	Área Lateral (Al)	Área Total (At)	Volume (V)
$L^2$	$4L^2$	$6L^2$	$L^3$

Fonte: CASTRO, 2014

Tabela 3 - Características da Pirâmide

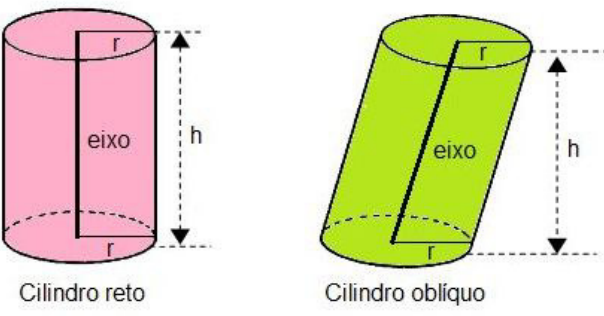
<b>Pirâmide</b>			
Descrição	Pirâmide é um poliedro formado por uma base poligonal e faces laterais triangulares. Todos os vértices do polígono da base são extremidades de segmentos cuja outra extremidade é um ponto comum a todos: o vértice da pirâmide (CASTRO, 2014). Algumas características não são possíveis de formular pois a base do sólido		



	pode ser qualquer área planar.		
Área da Base ( $A_b$ )	Área Lateral ( $A_l$ )	Área Total ( $A_t$ )	Volume ( $V$ )
Depende da base	Depende da base	$A_l + A_b$	$\frac{A_b \cdot \text{altura}}{3}$

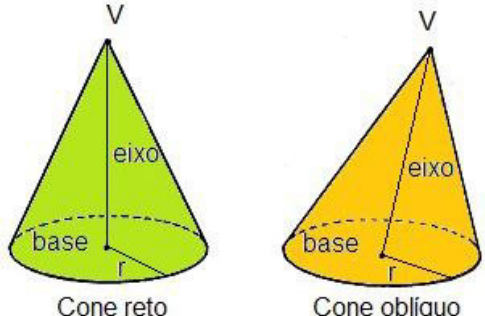
Fonte: CASTRO, 2014

Tabela 4 - Características do Cilindro

<b>Cilindro</b>	 <p style="text-align: center;">Cilindro reto                      Cilindro oblíquo</p>		
Descrição	O Cilindro é um sólido geométrico de bases circulares, iguais e paralelas. É classificado como “Reto” e “Oblíquo” (CASTRO, 2014).		
Área da Base ( $A_b$ )	Área Lateral ( $A_l$ )	Área Total ( $A_t$ )	Volume ( $V$ )
$2\pi r^2$	$2\pi r g$	$2\pi r(r + h)$	$\pi r^2 h$

Fonte: CASTRO, 2014

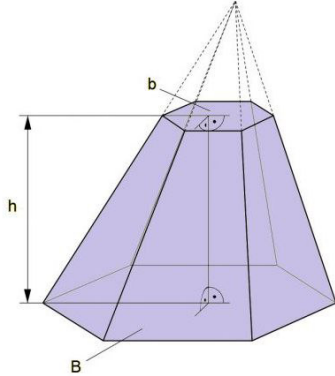
Tabela 5 - Características do Cone

<b>Cone</b>	 <p style="text-align: center;">Cone reto                      Cone oblíquo</p>		
Descrição	O Cone é um conjunto de todos os segmentos que ligam os pontos		

	de um círculo a um ponto fora do plano em que está contido na superfície. Diferente dos outros, este sólido possui um elemento chamado “geratriz = g” que é a medida da extremidade no vértice com a circunferência da base (CASTRO, 2014).		
Área da Base (Ab)	Área Lateral (Al)	Área Total (At)	Volume (V)
$\pi r^2$	$\pi r g$	$\pi r(r + g)$	$\frac{\pi r^2 h}{3}$

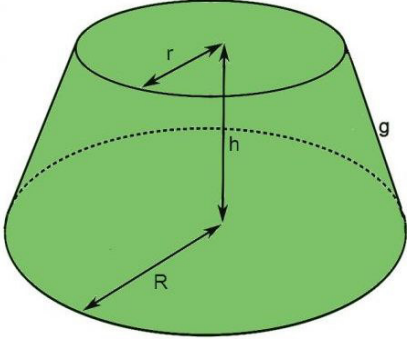
Fonte: CASTRO, 2014

Tabela 6 - Características do Tronco de Pirâmide

<b>Tronco de Pirâmide</b>			
Descrição	O Tronco de pirâmide de bases paralelas é um sólido obtido quando se intercepta um plano paralelo ao plano da base em uma pirâmide e descarta a pirâmide menor formada. Tem como elementos adicionais a “Área de Base menor = Ab” e a “Área da Base maior = AB” (CASTRO, 2014).		
Área de Base (AB ou Ab)	Área Lateral (Al)	Área Total (At)	Volume (V)
Depende da base	Depende da base	$AB + Ab + Al$	$\frac{h*(Ab+AB+\sqrt{Ab*AB})}{3}$

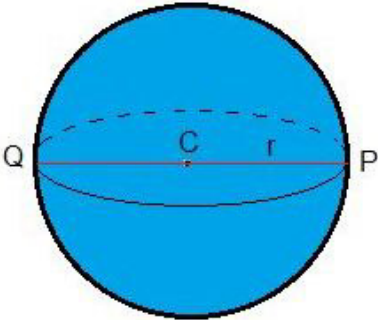
Fonte: CASTRO, 2014

Tabela 7 - Características do Tronco de Cone

<b>Tronco de Cone</b>			
Descrição	<p>O Tronco de Cone de bases paralelas é um sólido obtido quando se intercepta um plano paralelo ao plano da base em um cone e se descarta o cone menor formado (CASTRO, 2014). Neste sólido, tem-se como elementos adicionais o “raio maior = R”, o “raio menor = r” e a “geratriz = g”.</p>		
Área das Bases (AB + Ab)	Área Lateral (Al)	Área Total (At)	Volume (V)
$\pi(R^2 + r^2)$	$\pi * g(r + R)$	$\pi(R^2 + r^2 + g(r + R))$	$\frac{\pi h * (R^2 + R * r + R^2)}{3}$

Fonte: CASTRO, 2014

Tabela 8 - Características de Esfera

<b>Esfera</b>		
Descrição	<p>A Esfera é um conjunto de pontos do espaço cuja a distância a um ponto fixo é menor ou igual a uma constante (CASTRO, 2014).</p>	
Área da Superfície	Volume	

$4\pi r^2$	$\frac{4\pi r^3}{3}$
------------	----------------------

Fonte: CASTRO, 2014

## 2.2. Software Geogebra

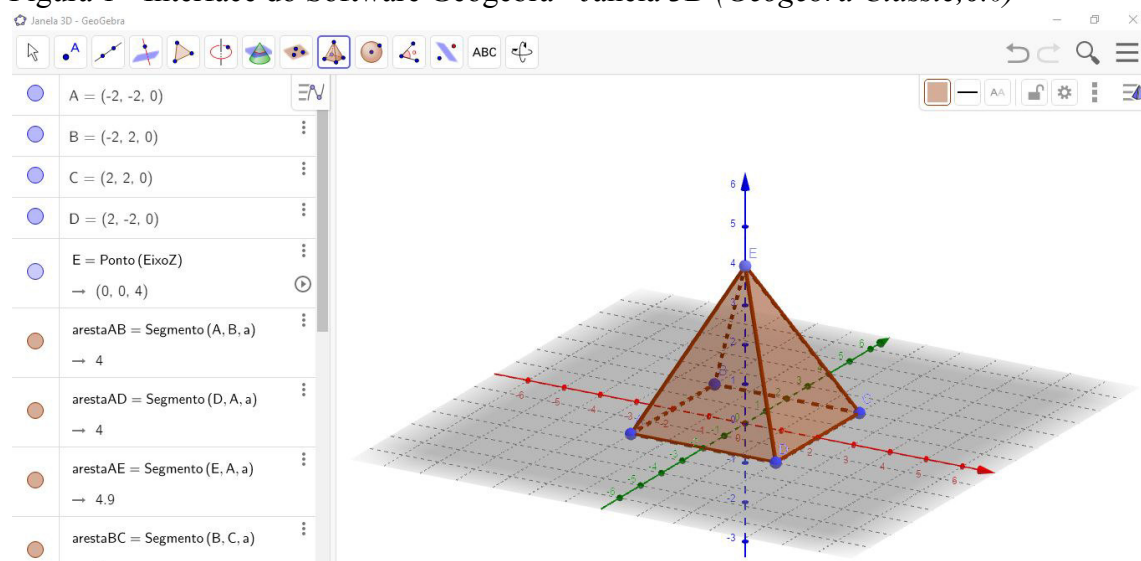
O software de geometria dinâmica Geogebra é uma ferramenta gratuita de matemática dinâmica que foi desenvolvida para a aprendizagem de matemática em diversos níveis de ensino, do básico ao universitário (NASCIMENTO, 2012). Foi criado por Markus Hohenwarter, e dispõe de recursos de geometria, álgebra, planilhas, gráficos, estatísticas e cálculo em um único ambiente. O software foi desenvolvido em sua grande parte na linguagem JAVA, é disponibilizado em diversos idiomas, (inclusive o português), e é multiplataforma, podendo ser instalado em computadores Windows, Linux ou Mac OS (NASCIMENTO, 2012). O Geogebra possui ainda uma versão para celular e uma versão online, acessado por diversos navegadores de internet (GEOGEBRA ORG, 2018).

Além do Geogebra, outra ferramenta de ensino de matemática bastante utilizada é o software Cabri, citado em Cavagni (2010), ferramenta francesa e paga, que possui uma opção para a Geometria Espacial, o Cabri 3D. Outras ferramentas, menos utilizadas, são o Poly Pro, o Cinderella e o Sketchometry. Entretanto, neste trabalho, optou-se pelo Geogebra por ser de fácil acesso, livre, gratuito, e por ter diversos artigos relacionados ao seu uso no ensino de matemática.

Para este estudo, será utilizada apenas a ferramenta de Janela 3D, pois é nela que se concentra grande parte da Geometria Espacial presente no software. A Janela 3D foi criada para a versão 5.0 do Geogebra, que teve seu desenvolvimento terminado em meados de 2013. Nessa pesquisa, será utilizada a versão do Geogebra mais nova até o momento, a versão 6.0.

A seguir, é apresentada uma figura que mostra a ferramenta Janela 3D disponível no Geogebra 6.0.




Figura 1 - Interface do Software Geogebra - Janela 3D (*Geogebra Classic, 6.0*)



Fonte: elaborado pelo autor

As principais funcionalidades utilizadas nessa pesquisa que a Janela 3D dispõe são:

Tabela 9 - Ícones da ferramenta Geogebra - Janela 3D

Ícone da Ferramenta	Descrição
	Nesta opção, o usuário pode criar um sólido, escolhendo entre diversas formas, para serem desenhadas na folha gráfica, como no exemplo da figura acima. O usuário define o tamanho que deseja mapeando os pontos do objeto na ferramenta, através de cliques do <i>mouse</i> .
	Nesta opção o usuário pode criar uma esfera, escolhendo entre duas opções: definindo um ponto e o raio, ou definindo dois pontos para desenhar o sólido.
	Nesta opção o usuário pode mover o plano cartesiano 3D do Geogebra ou mover os objetos que estão sendo representados no plano.

Fonte: GEOGEBRA ORG

Esses ícones apresentados serão as opções mais relevantes neste trabalho, pois representam as funcionalidades mais utilizadas para o aprendizado do sistema. Há outras opções que serão abordadas, mas não tão importantes quanto essas mencionadas.

### 2.3. Usabilidade

O termo “Usabilidade” surgiu no início da década de 80, nas áreas de Psicologia e Ergonomia, como um substituto para a expressão “amigável” (*user friendly*), que era considerada vaga e direta (CAVAGNI, 2010). Segundo a norma ISO/IEC 9241 (1998), a Usabilidade é a “capacidade de um produto ser usado por usuários específicos para atingir objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso”. Para o caso de software, a usabilidade está ligada à interface do sistema, e diz respeito principalmente à sua aparência. Porém, usuários diferentes possuem necessidades diferentes, de modo que o software pode ser considerado de boa usabilidade para um e não para outro (RAUBER, 2010). Além disso, um software bem concebido em termos de funcionalidade mas que não possuir usabilidade agradável será rejeitado pelos usuários (BABO, 1996).

Para isso, Nielsen (1993, p.26) enumera cinco características para medir a usabilidade de um sistema:

Tabela 10 - Características de Nielsen

Facilidade de aprendizado: o sistema deve ser fácil de aprender, de tal forma que o usuário consiga rapidamente explorá-lo e realizar suas tarefas com ele.
Eficiência de uso: o sistema deve ser eficiente a tal ponto de permitir que o usuário, tendo aprendido a interagir com ele, atinja níveis altos de produtividade na realização de suas tarefas.
Baixa taxa de erros: em um sistema com baixa taxa de erros, o usuário é capaz de realizar tarefas sem maiores transtornos, recuperando de erros, caso ocorram.
Facilidade de memorização: após um certo período sem utilizá-lo, o usuário não frequente é capaz de retornar ao sistema e realizar suas tarefas sem a necessidade de reaprender como interagir com ele.

Satisfação subjetiva: o usuário considera agradável a interação com o sistema e se sente subjetivamente satisfeito com ele.

Fonte: RAUBER, 2010

Com as características de Nielsen, pode-se descrever a avaliação heurística de usabilidade, análise e interface de softwares. Com a colaboração de Molich em 1990, foram desenvolvidas heurísticas para método de avaliação heurística e Nielsen (1993, p.3) enumerou dez heurísticas de usabilidade a partir de uma análise de fatores observados em um conjunto de 249 problemas detectados em estudos empíricos (Tabela 11).

Tabela 11 - Heurísticas de Nielsen de 1993

<p>1. Visibilidade do estado atual do sistema: o sistema sempre deve manter o usuário informado sobre o que está acontecendo através de resposta às suas ações e no tempo certo.</p>
<p>2. Correspondência entre o sistema e o mundo real: o sistema deve utilizar palavras, expressões e conceitos que são familiares aos usuários, em vez de utilizar termos orientados ao sistema. O designer deve seguir as convenções do mundo real, fazendo com que a informação apareça em ordem natural e lógica, conforme o esperado pelo usuário.</p>
<p>3. Controle e liberdade do usuário: os usuários frequentemente realizam ações equivocadas no sistema e precisam de uma saída claramente marcada para sair do estado indesejado sem ter de percorrer um diálogo extenso. A interface deve permitir que o usuário desfaça e refaça suas ações.</p>
<p>4. Consistência e padronização: os usuários não devem ter que adivinhar que palavras, situações ou ações diferentes significam a mesma coisa.</p>
<p>5. Reconhecimento em vez de memorização: objetos, ações e opções devem ser visíveis. O usuário não deve ser obrigado a lembrar de informações ao passar de um diálogo a outro. As instruções de uso do sistema devem estar visíveis ou facilmente acessíveis quando necessário.</p>

<p>6. Flexibilidade e eficiência de uso: deve ser permitido ao usuário personalizar ou programar ações frequentes. Devem ser implementados aceleradores para serem adotados por usuários experientes.</p>
<p>7. Projeto estético e minimalista: os diálogos não devem conter informação irrelevante ou raramente necessária. Cada unidade extra de informação em um diálogo compete com unidades relevantes de informação e diminuem sua visibilidade relativa.</p>
<p>8. Prevenção de erros: melhor que boas mensagens de erro é um projeto cuidadoso que previna, em primeiro lugar, a ocorrência de erros.</p>
<p>9. Suporte aos usuários no reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros: as mensagens de erro devem ser expressas em linguagem clara, sem códigos, indicando precisamente o problema e sugerindo soluções.</p>
<p>10. Informações de ajuda e documentação: a documentação do sistema deve sempre estar disponível ao usuário, mesmo que o sistema seja fácil de usar. A documentação de auxílio ao usuário deve ser fácil de pesquisar, focada nas tarefas que o usuário costuma realizar com o sistema e não muito longa.</p>

Fonte: RAUBER, 2010

Além do método de avaliação heurística, existe o teste de usabilidade de um software. Um teste de software é um processo que utiliza participantes, normalmente usuários do sistema, que avaliam o grau do produto que um software se encontra em relação aos critérios de usabilidade (RUBIN & CHISNELL, 2008). Esses critérios são normalmente explorados por perguntas específicas associadas a algum dado mensurável, que com frequência pode ser objetivamente capturado durante a iteração do usuário ao sistema. Por exemplo, para avaliar a facilidade de aprendizado de um sistema, o teste de usabilidade pode fazer perguntas como: “Quantos usuários conseguiram completar com sucesso cada tarefa?” ou “Quantas vezes o usuário consultou a ajuda do sistema?” (BARBOSA & SILVA, 2010).

Para a realização dos testes, um grupo de usuários é convidado a realizar um conjunto de tarefas em um sistema num ambiente controlado, como uma sala fechada, por exemplo. Além disso, são acrescentados dois papéis no teste: o facilitador, que ajuda em qualquer dúvida relacionada ao uso do sistema pelo usuário, e o observador, faz os registros de



desempenho dos participantes na realização das tarefas, além de suas opiniões e comentários referentes ao teste (BARBOSA & SILVA, 2010).

O teste de usabilidade também inclui questionários que podem ser utilizados antes, durante e/ou depois do teste. Por exemplo, antes do teste, pode ser feito um questionário de caracterização de cada participante; durante o teste, pode ser feito questionário de observação do desempenho do usuário ao utilizar o sistema; e, depois do teste, pode ser realizado um questionário das opiniões do usuário com relação ao sistema.

Como questionário pós-teste, pode ser utilizado o teste SUS (*System Usability Scale*), criado por John Brooke em 1996, que consiste em um método de avaliação da eficácia, da eficiência e da satisfação de um produto ou serviço. É composto por 10 perguntas, sendo cinco sobre fatores positivos e outras cinco sobre fatores negativos (SILVA, 2018). Para cada questão, o usuário responde em uma escala de 1 a 5, valores que significam, respectivamente, “Discordo Totalmente”, “Discordo”, “Nem discordo nem concordo”, “Concordo”, e “Concordo Totalmente”.

Ao final do SUS, é calculada a pontuação de acordo com as respostas do teste do participante da seguinte maneira. Para as perguntas de fator positivo, subtrai-se 1 da resposta do participante, e para as perguntas de fator negativo, subtrai-se a resposta do participante de cinco. Assim, as respostas passam a uma escala de 0 a 4, em que 0 é o valor mais negativo e 4 é o valor mais positivo.

A partir disso, os pontos obtidos são somados e a soma é multiplicada por 2,5 e assim chegando na pontuação final. Essa pontuação pode variar entre 0 e 100, em que pontuações iguais ou superiores a 68 representam boa experiência e bom grau de satisfação e pontuações abaixo de 68 podem apresentar graves problemas de interface e com o índice baixo de satisfação do usuário (SILVA, 2018). Na tabela a seguir é mostrado um exemplo de como a pontuação funciona.

Tabela 12 - Exemplo de Pontuação SUS

Questão	Fator	Resposta	Pontuação
1	Fator Positivo	4 “Concordo”	$4 - 1 = 3$
2	Fator Negativo	2 “Discordo”	$5 - 2 = 3$
3	Fator Positivo	3 “Nem concordo nem discordo”	$3 - 1 = 2$
4	Fator Negativo	4 “Concordo”	$5 - 4 = 1$

5	Fator Positivo	3 “Nem concordo nem discordo”	$3 - 1 = 2$
6	Fator Negativo	2 “Discordo”	$5 - 2 = 3$
7	Fator Positivo	4 “Concordo”	$4 - 1 = 3$
8	Fator Negativo	2 “Discordo”	$5 - 2 = 3$
9	Fator Positivo	5 “Concordo Totalmente”	$5 - 1 = 4$
10	Fator Negativo	1 “Discordo Totalmente”	$5 - 1 = 4$
Total			$28 * 2,5 = 70$ pontos

Fonte: o Autor

Com os resultados do teste de usabilidade, podem ser obtidos a origem dos problemas na interação que prejudicam o desempenho mensurado e os trechos de interação em que ocorreu algum problema. Para cada problema observado, deve-se analisar todos os dados coletados, para que se possa interpretar quais características podem tê-lo causado, e deve-se elaborar possíveis explicações do problema a partir do resultado quantitativo do teste de usabilidade (BARBOSA & SILVA, 2010). O teste de usabilidade traz como benefícios uma maior aceitação do sistema ao público-alvo, minimizando a quantidade de erros e tendo um maior alcance aos usuários do sistema.

Nessa pesquisa, o teste de usabilidade foi feito com alunos de ensino médio. Foram feitas comparações entre alunos que já utilizaram o software anteriormente, mas que nunca utilizaram a ferramenta tridimensional, com alunos que nunca utilizaram o software. Com isso, foi possível encontrar problemas de usabilidade no sistema e propor alguns pontos que auxiliam a contornar esses problemas para a aprendizagem.

### 3. TRABALHOS RELACIONADOS

Nessa seção, são apresentados alguns trabalhos que fazem estudo de usabilidade em softwares para ensino, usando critérios já conhecidos pela Engenharia de Software, ou que aplicam o software Geogebra no ensino médio, analisando seu potencial de ensino para ser aplicado em aula.

Cavagni (2010) apresenta uma metodologia de avaliação sobre a usabilidade de softwares educacionais no estudo de matemática para o ensino médio. O trabalho analisa três softwares: o Geogebra, o Poly e o Cabri, que são ferramentas voltadas para o ensino de matemática e, no caso das duas últimas ferramentas, o foco é dado em Geometria.

Para a avaliação de usabilidade foram escolhidas as heurísticas de usabilidade de Nielsen e as regras de ouro de Shneiderman. Os softwares foram avaliados por professores de matemática e, por fim, foram apontadas algumas características positivas e negativas de cada um deles. O Geogebra foi elogiado principalmente na precisão de cálculos matemáticos, porém apresentava falta de flexibilidade, consistência e satisfação do usuário. O Poly apresenta como positivo a facilidade de aprendizagem e de uma forma intuitiva sobre o uso, porém não oferece recursos para os alunos formulem hipóteses e estimula pouco a criatividade. E o Cabri se apresenta de fácil manipulação e possui vários recursos que podem ser utilizados, porém apresentou defeitos na orientação e construção do objeto. A análise dos softwares foi feita com base nos recursos que se tinha disponível na época; atualmente, as três ferramentas foram aprimoradas, e o Geogebra, a partir de 2015, passou a ter uma versão que englobava a Geometria Espacial.

Cavalcante (2015) apresenta uma metodologia de avaliação sobre a usabilidade da ferramenta LoTuS. A LoTuS é uma ferramenta de código-fonte aberto desenvolvida para criar, analisar e manipular gráficos *Labelled Transition System* (LTS), que serve, para orientar e disciplinar o processo de desenvolvimento de software. Possui como público-alvo estudantes e profissionais que querem modelar o comportamento do sistema. Para a sua avaliação foram realizados testes com usuários, utilizando de questionários, em que foram observados: o êxito na realização da tarefa, o tempo de realização, o grau de satisfação para cada tarefa, a quantidade de tarefas realizadas e o grau de satisfação da ferramenta. Os testes

de usuário que serão realizados neste trabalho terão como referência o modelo usado em Cavalcante (2015).

Nascimento (2012) descreve uma proposta para a utilização de uma nova ferramenta para auxiliar em um assunto que é pouco explorado nas escolas, a geometria. O trabalho ainda apresenta o Geometria Dinâmica e Interativa (GDI), que foi trabalhado com êxito com o software Geogebra. Na pesquisa, o GDI foi empregado em aula por meio de exercícios aplicados no Geogebra, e os resultados obtidos indicaram uma facilidade de compreensão e de assimilação na utilização do software. Inclusive, alguns alunos afirmaram que entenderam melhor a matéria com o software do que em aula teórica. Porém, o trabalho não apresenta aspectos de usabilidade na avaliação, que podem relacionar a qualidade de uso de um sistema.

Breda, Trocado e Santos (2013) apresentam um relato de experiência sobre o uso do Geogebra no ensino. Foi considerado pelos próprios autores o primeiro relato de experiência utilizando a capacidade 3D da ferramenta por utilizar da versão beta 5.0 do Geogebra em que os recursos 3D foram incluídos. Tinha como objetivo investigar possibilidades de melhoria educacional através da condução de estudos de novas formas de aprendizagem. Obtendo resultados positivos na visualização gráfica do sistema, porém o sistema apresentou algumas fragilidades na janela de cálculos do Geogebra. Tendo um foco mais no ensino, o trabalho não apresenta aspectos de avaliação de usabilidade de modo que relacione a qualidade do sistema.

Sauer e Berti (2015) apresentam uma proposta de um minicurso sobre Geometria Analítica utilizando o software Geogebra. Teve como objetivo proporcionar educadores estratégias de ensino para refletir e reconstruir aulas prática no ensino de geometria. Os autores concluíram que os professores precisam buscar novas estratégias e métodos de ensino utilizando essas novas ferramentas computacionais, como o Geogebra. O trabalho aborda principalmente no ensino de Geometria, apresentando atividades para a aprendizagem, porém não apresenta pontos de avaliação de usabilidade na ferramenta que utiliza no estudo.

Borsoi (2016) apresenta uma proposta didática utilizando o software de geometria dinâmica Geogebra no ensino de Geometria Espacial, tendo como objetivo incentivar os alunos a desenvolver seus conhecimentos geométrico espaciais a partir dos recursos oferecidos pela ferramenta. Nessa proposta, é realizada uma pesquisa numa escola de ensino médio com a participação de 24 alunos, de faixa etária de 16 a 18 anos, que realizaram dez atividades aplicadas num período de 5 aulas, com duração média de 2 horas cada. Cada atividade aborda um conceito principal a ser trabalhado, e é abordada uma discussão em cima

de um conjunto de questões durante a realização da tarefa. Entretanto, como no trabalho citado anteriormente, não apresenta uma análise de usabilidade do software Geogebra.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo Geral**

Analisar a usabilidade do software de matemática dinâmica Geogebra na aprendizagem de Geometria Espacial para alunos de ensino médio.

### **4.2. Objetivo Específico**

- Estabelecer e definir os critérios de usabilidade que serão utilizados e de que forma serão aplicados nos alunos.
- Analisar vantagens e desvantagens sobre o uso do Geogebra.
- Analisar se o Geogebra possui problemas em seu uso.
- Propor sugestões na Interface da “Janela 3D” presente no Geogebra.

## **5. METODOLOGIA**

Este projeto de pesquisa possui 6 etapas, que consistem em: Planejar o teste de usabilidade da ferramenta Geogebra; Criar um roteiro de atividades que aborde as ferramentas do Geogebra na área de Geometria Espacial; Realizar um teste piloto para determinar alguns pontos comparativos com o teste final; Realizar os testes com usuários; E realizar a análise dos resultados obtidos na etapa anterior.

### **5.1. Planejamento do teste de usabilidade**

Na pesquisa participaram dois grupos de alunos, um grupo que já utilizava o Geogebra como ferramenta de ensino e outro grupo que nunca havia utilizado o software. Para o primeiro grupo, os usuários selecionados foram alunos segundo ano do ensino médio da Escola Unidade Educacional Coração Imaculado de Maria (UNECIM), do município de Russas/CE. Nessa escola, os alunos aprendem a utilizar o Geogebra na disciplina de Matemática. O segundo grupo foi composto de alunos do segundo ano do ensino médio da Escola Estadual de Educação Profissional (EEEP) Prof. Walter Cavalcante Maia, também do município de Russas/CE.

Foram selecionados cinco alunos de cada escola, totalizando 10 alunos. Essa quantidade de participantes permite encontrar cerca de 82% dos problemas de usabilidade da ferramenta avaliada (SIX & MACEFIELD, 2016). Os alunos escolhidos da UNECIM foram três homens e duas mulheres. Da EEEP, foram selecionados quatro mulheres e um homem. Todos serão identificados pelas iniciais do nome, como acordado no Termo de Consentimento (Apêndices E e F).

Nessa etapa, também foram desenvolvidos dois documentos importantes para a pesquisa, todos mostrados na seção de Apêndices deste trabalho. Esses documentos são: a Carta de Solicitação, documento que solicitava a permissão para a realização da pesquisa na escola, assinada pelo responsável de cada escola, pelo pesquisador e pelo orientador de pesquisa; e o Termo de Consentimento, documento que solicitava a permissão para a realização da pesquisa com cada aluno, assinada pelo responsável do aluno, pelo pesquisador e pelo orientador da pesquisa. O Termo de Consentimento também especifica alguns detalhes

da pesquisa, como serão identificados os alunos e os responsáveis pela pesquisa e o responsável da escola.

Por fim, foram elaborados os três questionários utilizados na pesquisa: o Questionário de Caracterização do Aluno (Apêndice A), que contém perguntas sobre se o aluno estuda ou estudou Geometria Espacial, qual o tempo de estudo, se houve uso de ferramentas para estudar o assunto e se conhecem o Geogebra, além de perguntas básicas como nome, idade e sexo; o Questionário de Observação (Apêndice B), utilizado durante o teste de usabilidade, que contém anotações feitas pelo Observador do teste, por exemplo, quantas vezes o aluno teve dúvidas e foi perguntar ao Facilitador do teste, o número de tarefas concluídas (tarefas que o aluno realizou do modo correto), incompletas (tarefas que o aluno realizou porém com alguns erros na finalização) e não concluídas (tarefas que o aluno não conseguiu ou desistiu de realizar), o tempo de realização de cada tarefa, dificuldades do aluno no uso da ferramenta e observações do teste em geral; e o Questionário de Usabilidade (Apêndice C), realizado depois do teste de usabilidade, em que o usuário responde 12 questões sobre o uso da ferramenta. O Questionário de Usabilidade foi baseado no SUS (*System Usability Scale*), que como já foi explicado, é um dos mais conhecidos e mais simples métodos de averiguação do nível de usabilidade de um sistema, em que as dez primeiras perguntas são objetivas sobre o uso do sistema em que as questões 1, 3, 5, 7 e 9 são de fator positivo e as questões 2, 4, 6, 8 e 10 são de fator negativo. Além disso, há outras duas perguntas subjetivas, sobre a dificuldade que o aluno teve a ferramenta e se o aluno quer expor alguma opinião sobre a ferramenta, ou dar alguma ideia ou sugestão.

Outro ponto a adicionar foi a necessidade da realização de um teste de usabilidade piloto, para que se pudesse obter dados preliminares de tempo, para poder gerenciar e organizar os horários de realização de cada teste com os alunos participantes da pesquisa.

## **5.2. Criação do Roteiro de Atividades**

Nesta etapa, foi criado o roteiro de tarefas a serem realizadas no software Geogebra, atividades que são exclusivamente da ferramenta “Janela 3D” por ser a ferramenta que trabalha com o conteúdo de Geometria Espacial. Foram preparadas seis tarefas com três subtarefas cada, totalizando dezoito subtarefas no teste. Cada tarefa foi destinada a um tipo

específico de objeto estudado no decorrer do aprendizado de Geometria Espacial, na seguinte ordem: 1. Cubo; 2. Pirâmide; 3. Cilindro; 4. Cone; 5. Esfera; e 6. Tronco de Pirâmide.

As três subtarefas, para cada tarefa/objeto, foram: 1. Criar o objeto, tarefa que foi escolhida para presenciar como a ferramenta de comporta na criação e leitura desses objetos espaciais; 2. Construir uma fórmula de área ou volume, tarefa que foi escolhida por causa das várias fórmulas que cada objeto possui e ver se as elas conseguem interagir com o objeto criado.; e 3. Mover ou alterar o tamanho ou o formato do objeto, tarefa adicionada principalmente se a ferramenta consegue dar opções de movimentos ao objeto criado, além de ter seus atributos, sejam criados ou inicializados, também sendo modificados.

O Roteiro de Atividades pode ser visto no Apêndice D, em que estão todas as atividades seguidas nesse projeto e no Apêndice G é apresentado o Guia de Atividades em que mostra o passo a passo da solução de todas as atividades que foram realizadas no Roteiro de Atividades.

### **5.3. Realização de Testes Piloto**

Antes da realização do teste com o público-alvo deste trabalho, os alunos de ensino médio, foi realizado um teste piloto, que é um teste preliminar, de caráter experimental, com o objetivo de aprimorar os planos para a coleta de dados e os procedimentos a serem seguidos (DANNA, 2016). Esse teste piloto tem como objetivo verificar a realização do teste quando o aluno estiver utilizando o sistema, calcular a média de tempo e calcular a pontuação obtida pelo teste SUS para a realização do teste principal. Foi realizado entre os dias 04 e 17 de setembro, com um total de 10 alunos dos cursos de Engenharia de Software e Ciência da Computação, todos identificados pelas iniciais do nome. A fim de não revelar o gênero do aluno, todos os usuários serão identificados como no gênero masculino.

- **Usuário FGLP**

O usuário FGLP já conhecia o Geogebra, porém nunca tinha utilizado a ferramenta “Janela 3D”. No início do teste, ele começou criando pontos, como é costume no Geogebra 2D conhecido pelo usuário. Porém, depois que ele percebeu a ferramenta de criação de



objetos tridimensionais, seu tempo de construção de objetos caiu bastante. Assim, ele se acostumou rapidamente com o software. A única tarefa que não conseguiu realizar foi a atividade T5.3 (Mover qualquer ponto da esfera), pois foi encontrada uma pequena falha no Geogebra em que o usuário não consegue mover o ponto central da esfera se o mesmo estiver intercedendo os dos três eixos do plano, essa falha será descrita posteriormente no tópico de problemas encontrados. No geral, o usuário gostou da ferramenta, porém demorou para entender e utilizar algumas funcionalidades.

- **Usuário FWSS**

Assim como o anterior, o usuário FWSS também conhecia o Geogebra, mas utilizou poucas vezes, e apenas para gerar gráficos. No início do teste, começou como se já conhecesse a ferramenta, levando o menor tempo de todos para fazer a primeira atividade (somente 20 segundos). Também utilizou de algumas funções já prontas da ferramenta (por exemplo, a fórmula do volume, em que utilizou nas tarefas T3.1, T4.2). No geral, ele teve bom tempo em todas as tarefas. Porém, na tarefa T6, a última tarefa, ele demorou mais de meia hora para realizar todas as subtarefas, pois criou todos os pontos e todas as faces do objeto.

- **Usuário MBC**

O usuário MBC, diferente dos anteriores, não conhecia o Geogebra. Entretanto isso não fez muita diferença na criação dos objetos, pois teve tempos melhores que a média nas subtarefas T1.1, T2.1 e T5.1, e quase conseguiu a média em T3.1 e T4.1. Porém, o usuário só conseguiu realizar uma tarefa de formulação do objeto, pois ele não conseguiu construir quase todas as fórmulas com sucesso, exceto no T4.2. Ele foi também o usuário que mais desistiu de subtarefas (7 no total, T1.2, T2.2, T3.2, T5.2 e T6). No geral, foi o usuário que mais demorou na realização das tarefas.

- **Usuário CMOM**

O usuário CMOM não conhecia o Geogebra, e mesmo assim conseguiu realizar todas as tarefas com um tempo abaixo da média total. Foi o usuário que fez mais perguntas ao facilitador, mas a partir da tarefa 4, o usuário se adaptou bem à ferramenta e começou a se divertir com o teste. Além disso, ele usou programas externos para auxiliar nas subtarefas de formulação, como o Bloco de Notas. Junto com o usuário FWSS, fez a tarefa T6 criando ponto a ponto e face a face, demorando quase 15 minutos. No geral, teve a maioria dos tempos melhores que a média geral do teste.

- **Usuário ASA**

O usuário ASA não conhecia o Geogebra. No início do teste, o usuário começou tentando criar os objetos ponto a ponto, até descobrir a ferramenta de criação de objetos. O usuário se adaptou facilmente com a entrada de fórmulas da ferramenta, porém não soube fazer alguns detalhes para a realização de algumas tarefas. Além disso, foi outro usuário que não conseguiu realizar a tarefa T6. No geral, o tempo foi igual ou superior a média geral, e não conseguiu realizar a tarefa T6 e as subtarefas T2.2 e T4.2.

- **Usuário LFSG**

O usuário LFSG não conhecia o Geogebra. No início do teste, começou explorando a ferramenta e logo fez a primeira tarefa. Teve muita dificuldade na criação da pirâmide, pois não conseguia colocar o último ponto em um plano diferente do plano da base. Com o decorrer do teste, foi aprendendo melhor, conseguindo realizar todas as tarefas exceto a tarefa T6, em que desistiu no processo. No geral, teve tempo médio igual ou superior a média geral do teste.

- **Usuário AFFC**

O usuário AFFC já conhecia o Geogebra, porém só havia trabalhado com alguns testes de funções básicas de 1° e 2° grau. No início do teste, o usuário não demorou para realizar a primeira tarefa, mas teve algumas dificuldades para a realização das subtarefas de formulação, principalmente nas subtarefas T2.2 e T6.2 e na movimentação de pontos da subtarefa T5.1. Rapidamente se adaptou com a ferramenta e concluiu todas as tarefas do teste. No geral, o usuário gostou e se divertiu com a ferramenta, conseguindo realizar todas as atividades em menor tempo que a média geral.

- **Usuário JMOF**

O usuário JMOF não conhecia o Geogebra. No início do teste, começou criando pontos e depois descobriu a opção de criação do objeto. No decorrer do teste, se acostumou com a ferramenta, mas teve algumas dificuldades na criação das fórmulas dos objetos (subtarefas T1.2, T2.2, T3.2 e T6.2). O usuário foi o único que teve a ideia inicial de como fazer o tronco de pirâmide e foi o único que conseguiu criar a pirâmide de forma regular em qualquer canto da “Janela 3D”. No geral, se divertiu com o teste, tendo até criado outros objetos, como uma “casquinha de sorvete”. Ele conseguiu realizar todas as tarefas com a média de tempo de conclusão de teste um pouco acima da média geral do teste.

- **Usuário JLM**

O usuário JLM não conhecia o Geogebra. No início do teste começou criando pontos e segmentos mas depois descobriu a ferramenta de criação de objetos. Teve algumas dificuldades na realização da primeira tarefa mas, a partir da segunda, o usuário se acostumou com a ferramenta. Teve alguns problemas com a pirâmide, que foram rapidamente resolvidos, e foi o único usuário que não precisou de ajuda para realizar a subtarefa T6.1. No geral, o usuário conseguiu realizar todas as tarefas com um tempo médio muito abaixo da média geral do teste piloto.

- **Usuário MSC**

O usuário MSC não conhecia o Geogebra. No início do teste, começou observando muito a ferramenta e tentou criar os objetos ponto a ponto. Logo depois, encontrou a ferramenta de criação de objetos para realizar a primeira atividade. Teve muitas dificuldades para realizar as subtarefas de formulação dos objetos, principalmente a T1.2 e a T6.2. Ficou decepcionado com a criação do tronco de pirâmide, pois é o único objeto que não tinha uma opção de criação. Em geral, usuário gostou da ferramenta, principalmente nas subtarefas de movimentação, e conseguiu realizar todas as tarefas com um tempo médio superior ao da média geral do teste.

- **Resultados do Teste Piloto**

Após a realização do teste piloto, percebeu-se a necessidade da utilização de ferramentas externas, como o gravador de tela e o gravador de voz, por conta da disponibilidade de apenas uma pessoa para o papel de observador do teste. Com a utilização dessas ferramentas, pôde-se conseguir os dados de tempo e os problemas encontrados pelos participantes com mais facilidade, já que era possível observar os testes quantas vezes fosse necessário.

Na realização do teste piloto, obteve-se a média de tempo (Tabela 13) para ser comparada com a média do teste principal, a ser realizado com os dois grupos de alunos de ensino médio. Com a média, descobriu-se que as subtarefas que demoravam mais tempo foram as de construção das fórmulas dos objetos e a tarefa mais dispendiosa foi a construção do Tronco de Pirâmide (T6.1), pois esta não possui uma opção na ferramenta de construção de objetos.

Por outro lado, as subtarefas que foram realizadas em menos tempo foram as de movimentação de pontos do objeto, por ser bem intuitivo ao usuário, e as de construção dos objetos Cilindro (T3.1), Cone (T4.1) e Esfera (T5.1), por terem opções para na ferramenta de construção desse objeto. Também pode-se destacar a evolução na aprendizagem da ferramenta, pois percebe-se que os tempos de cada tarefa foram reduzindo, mesmo com a

dificuldade gradativa das subtarefas. Isso acontece por que, depois da primeira tarefa, as outras seguem um padrão semelhante de ações para o usuário, com exceção da última tarefa (T6), que não possuía o mesmo padrão de construção. Isso fez, inclusive, com que alguns usuários desistissem da realização dessa tarefa.

Tabela 13 - Tempo de cada usuário do Teste Piloto.

Tempos do teste	Usuário do teste piloto										
	Sub tarefas	FGPL	FWSS	MBC	CMO M	ASA	LFSG	AFFC	JMOF	JLM	MSE
T1.1	9:29	0:20	0:41	1:55	2:34	0:53	0:23	3:43	3:14	2:43	2:43
T1.2	4:00	6:49	-	3:35	5:54	5:40	2:29	3:38	4:40	11:47	5:23
T1.3	0:31	0:36	-	1:18	5:12	1:26	2:04	0:14	0:39	1:07	1:27
T2.1	0:19	1:40	0:25	0:29	2:35	6:09	2:15	5:39	1:41	2:53	2:24
T2.2	7:34	2:20	-	4:42	-	6:38	5:44	0:53	3:58	1:25	4:09
T2.3	0:19	1:00	-	0:19	-	0:25	0:06	2:22	0:14	0:33	0:39
T3.1	0:16	0:27	1:01	1:05	1:00	0:25	0:15	0:29	0:13	0:37	0:34
T3.2	9:34	2:58	-	3:44	2:46	7:33	1:49	4:23	1:59	5:31	4:48
T3.3	1:40	0:31	-	0:20	1:38	0:17	0:06	0:08	0:49	0:43	0:41
T4.1	0:30	0:15	0:36	0:46	0:18	0:12	0:11	0:24	0:32	0:27	0:25
T4.2	1:49	1:14	6:52	2:38	-	4:51	1:14	1:00	0:45	3:55	2:42
T4.3	0:28	3:25	0:42	0:21	-	0:18	0:06	0:20	0:02	0:19	0:40
T5.1	0:18	0:21	0:17	0:30	0:17	0:28	0:25	0:30	0:17	0:37	0:24
T5.2	1:19	0:49	-	1:46	1:03	2:01	1:02	0:50	0:30	2:29	1:18
T5.3	-	0:14	-	0:14	0:21	0:07	3:49	0:08	0:12	0:08	0:39
T6.1	2:46	26:04	-	10:14	-	-	8:26	13:51	3:01	11:33	10:50
T6.2	10:01	5:35	-	3:36	-	-	7:04	9:28	3:50	14:20	7:42
T6.3	1:03	1:02	-	0:17	-	-	0:30	0:56	0:11	0:28	0:39
Tempo total	54:06	55:40	66:12	37:49	52:24	50:22	37:58	48:55	26:47	62:54	47:54

Fonte: dados da pesquisa

Tabela 14 - Tarefas realizadas pelos usuários do Teste Piloto.

Tarefas do teste	Usuário do teste piloto										
	FGPL	FWSS	MBC	CMOM	ASA	LFSG	AFFC	JMOF	JLM	MSE	Total
T1.1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
T1.2	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	9
T1.3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
T2.1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
T2.2	X	X	-	X	-	X	X	X	X	X	8
T2.3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
T3.1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
T3.2	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	9
T3.3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
T4.1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
T4.2	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	9
T4.3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
T5.1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10
T5.2	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	9
T5.3	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	9
T6.1	X	X	-	X	-	-	X	X	X	X	7
T6.2	X	X	-	X	-	-	X	X	X	X	7
T6.3	X	X	-	X	-	-	X	X	X	X	7

Fonte: dados da pesquisa

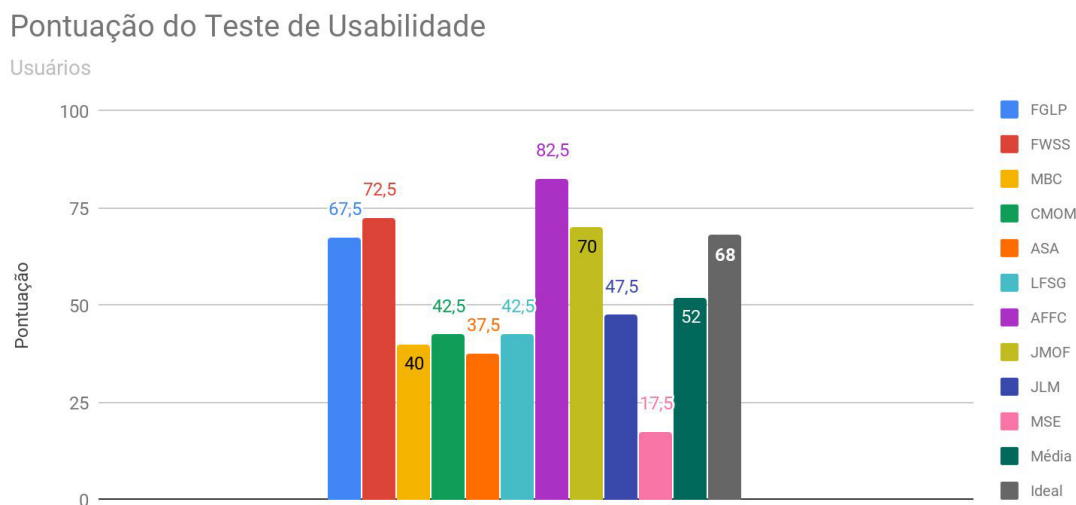
Na Tabela 13, os tempos marcados com (-) são as tarefas que o participante não conseguiu realizar ou que houve problemas no cálculo o tempo. Com isso, os valores da média não levam em consideração as tarefas não realizadas. O valor do tempo da média é uma aproximação da soma das suas subtarefas de cada usuário, e a média de tempo final foi de 47 minutos e 54 segundos.

Na Tabela 14, os campos marcados com (-) são as subtarefas que o participante não realizou. Nela, pode-se ver que seis participantes realizaram todas as subtarefas e que nove das dezoito subtarefas, ou seja, a metade, foram feitas por todos os usuários. A tarefa menos

realizada foi a T6 (Tronco de Pirâmide), com apenas 7 usuários realizando suas três subtarefas.

Além do tempo, foi utilizado o questionário de usabilidade para obter as pontuações de cada usuário do grupo piloto do teste SUS, que pode ser visto no gráfico abaixo.

Gráfico 1 - Pontuação do Teste SUS do Grupo Piloto



Fonte: dados da pesquisa

Pode-se notar que os valores são bem discrepantes um dos outros, principalmente se forem observados o menor valor, 17,5 pontos, e o maior, 82,5. Outro ponto que vale destacar é que, dos quatro melhores valores do teste, três são de usuários que já tinham utilizado o Geogebra previamente, e dois desses usuários classificaram como acima do valor ideal. Isso significa que 66,67% dos usuários que já tinham utilizado a ferramenta avaliaram que o sistema possui boa usabilidade. Em contrapartida, 6 alunos, o que equivale a 60% dos participantes do teste, avaliaram que a ferramenta está abaixo do ideal. Esse número fica maior se forem restritos somente aos 7 participantes que nunca haviam utilizado o Geogebra, totalizando em 85,71% dos usuários. Além disso, a média do teste piloto foi de 52 pontos no teste SUS, 16 pontos abaixo do ideal. Com isso, somente com a avaliação do grupo piloto, pode-se destacar que a ferramenta sofre de problemas de usabilidade, seja ela na satisfação, na eficácia ou na eficiência do usuário.

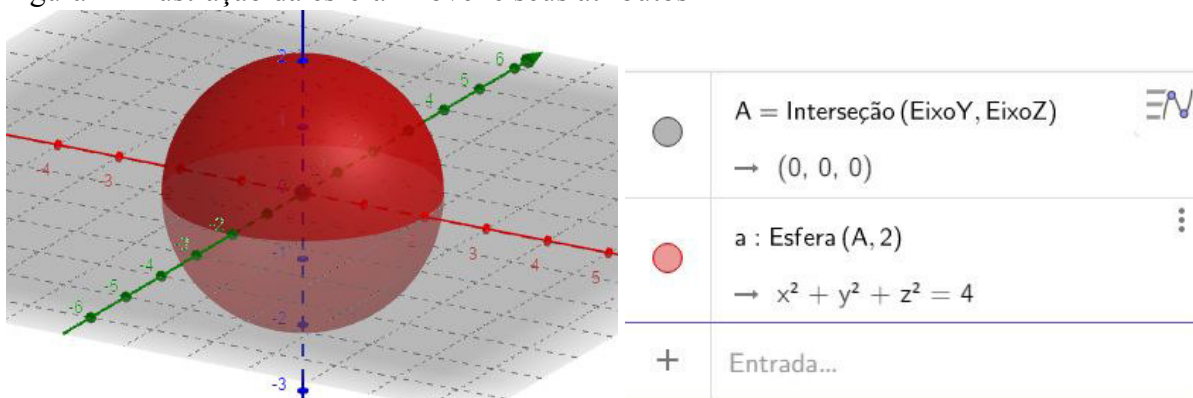
- **Problemas encontrados durante o Teste Piloto**

Durante a realização do Teste Piloto, alguns problemas foram encontrados, como *bugs* que não faziam sentido e muito difíceis de serem reproduzidos, bem como outros problemas que transtornaram os usuários. Esses problemas estão relatados abaixo.

### 1. *Problema da Esfera Teimosa*

Esse problema pode ocorrer na subtarefa T5.3, e acontece quando o usuário tenta mover os pontos da esfera mas não consegue movê-la, aumentá-la ou diminuí-la. Para chegar nesse problema, o usuário seleciona a opção de criar esfera especificando o ponto central e o raio. Nessa opção, o ponto central criado é a origem do sistema 3D, ou seja, a interseção dos três eixos principais, e o raio deve ser um número maior que zero. Ao tentar mover esse ponto central criado, o usuário não consegue, porque ele foi fixado na origem do sistema. Para mudar o tamanho do raio, o usuário deve ir nos atributos da esfera e modificar o valor do raio, fazendo com a esfera aumente ou diminua, e assim finalizar a subtarefa. Esse problema ocorreu com dois usuários do teste piloto.

Figura 2 - Ilustração da esfera imóvel e seus atributos



Fonte: elaborado pelo autor

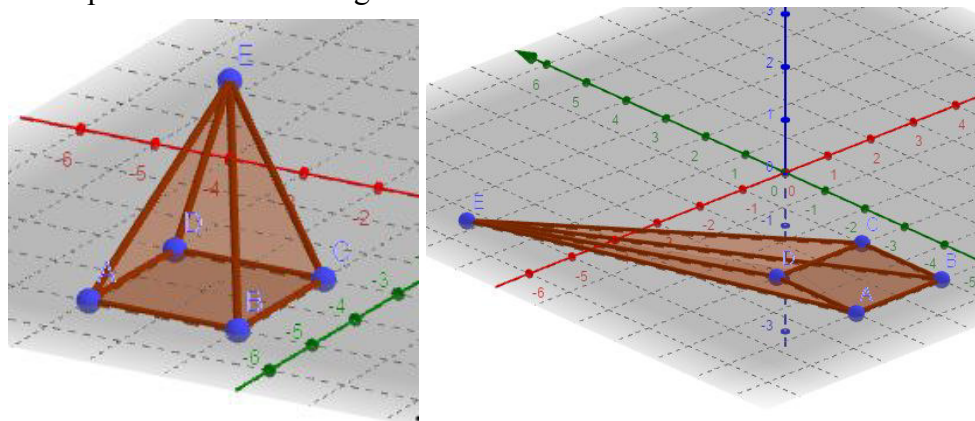
### 2. *Problema da Pirâmide Ilusionista*

Esse problema pode ocorrer na subtarefa T2.1, e acontece quando o usuário tenta criar uma pirâmide. O usuário seleciona a opção de criação de pirâmide, faz a base da pirâmide no plano inferior, e posiciona o pico pouco acima da base, Com isso, o usuário tem a impressão de ter construído a pirâmide mas, ao rotacionar a visão, ele nota o objeto “amassado” no plano



inferior, como mostrado na figura abaixo. Assim, o usuário originalmente vê uma pirâmide, mas ao girar, percebe que não é uma pirâmide. Para resolver esse problema, o usuário deveria colocar o pico no eixo azul, perpendicular ao plano cartesiano, ou colocá-lo no meio da base, selecionar o ponto novamente e elevá-lo para o sentido perpendicular à base, formando a pirâmide e terminando a sub tarefa. Esse problema ocorreu com quase todos os usuários do teste piloto.

Figura 3 - Figura a esquerda temos a Pirâmide recém formada e a direita temos a mesma pirâmide de outro ângulo.



Fonte: elaborado pelo autor

#### 5.4. Acompanhamento dos alunos antes do teste

Antes da realização dos testes com os alunos, o pesquisador esteve presente em algumas aulas sobre Geogebra com os alunos do Grupo 1, da UNECIM. Esse acompanhamento aconteceu durante os dias 28 de agosto, 04 e 11 de setembro, com um total de 6 aulas, 3 delas na turma 1 e as outras 3 na turma 2 do segundo ano do ensino médio.

No primeiro dia de aulas, com as duas turmas, o pesquisador se apresentou e informou como seria a pesquisa e que acompanharia a turma durante algumas aulas. Nessa mesma aula, foi utilizado um aplicativo de celular “Geogebra 3D Grapher”, que é um aplicativo de matemática feito pelos mesmos responsáveis pelo Geogebra. As turmas dividiram-se em grupos para realizar as atividades propostas em sala. Na turma 1, cada grupo tinha cerca de 5 alunos, por conta da quantidade reduzida de celulares entre os alunos da sala, e na turma 2, cada grupo tinha cerca de 2 alunos por grupo. As tarefas eram tecnicamente simples: criar um cubo, na qual os alunos não tiveram dificuldade, planificar o cubo, na qual alguns alunos

gostaram bastante, criar esfera e criar pirâmide, na qual alguns alunos apresentaram dificuldades.

No segundo dia de aulas, os alunos tiveram aula no laboratório, e foi utilizada a ferramenta “Geogebra Classic”, versão 6, com os recursos de “Janela 2D”, “Janela de Visualização” e “Janela de Álgebra”. Os alunos de ambas as turmas se dividiram em duplas, e cada dupla utilizava um computador diferente. Nessa aula, foi realizado o círculo trigonométrico, que gerou dúvidas em alguns alunos de ambas as turmas. Essas dúvidas foram facilmente respondidas pelo professor e, quando a tarefa foi finalizada, muitos alunos gostaram bastante do resultado.

Na terceira e última aula, os alunos voltaram ao laboratório para utilizar novamente a ferramenta Geogebra Classic, porém na versão 5, por causa da familiaridade do professor com a ferramenta. A turma foi dividida do mesmo modo que na aula anterior. Utilizando o recurso da Janela 3D, foram realizadas as tarefas de criar um cubo com um conjunto de controles deslizantes (variáveis que se pode modificar os valores automaticamente), e, os alunos divertiram bastante com a tarefa. Ainda foram feitas as tarefas de criar um cilindro e criar um cone usando as opções já descritas nesse trabalho.

Após as aulas, cinco alunos se voluntariaram para participar do teste, definindo o Grupo 1 com dois alunos do segundo ano A e três alunos do segundo ano B.

A ferramenta Geogebra não é estudada na EEEP. Assim, não houve acompanhamento de aulas com os alunos dessa escola. A escolha dos alunos participantes foi realizada pelo professor de Geometria da escola, definindo o Grupo 2 com também 5 alunos.

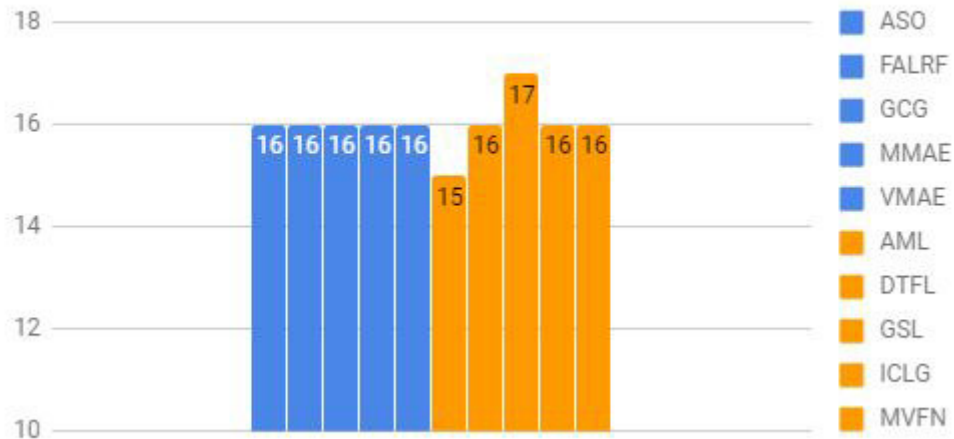
## **5.5. Caracterização dos Alunos**

Todos os alunos já tinham uma base de conhecimento sobre o Geometria Espacial. Os gráficos abaixo mostram os resultados do Questionário de Caracterização do Aluno. Os alunos do Grupo 1 estão na cor azul e os alunos do Grupo 2, na cor laranja.

- Idade dos alunos

Gráfico 2 - Idade dos alunos dos Grupos 1 (azul) e 2 (laranja)

## Idade dos Alunos



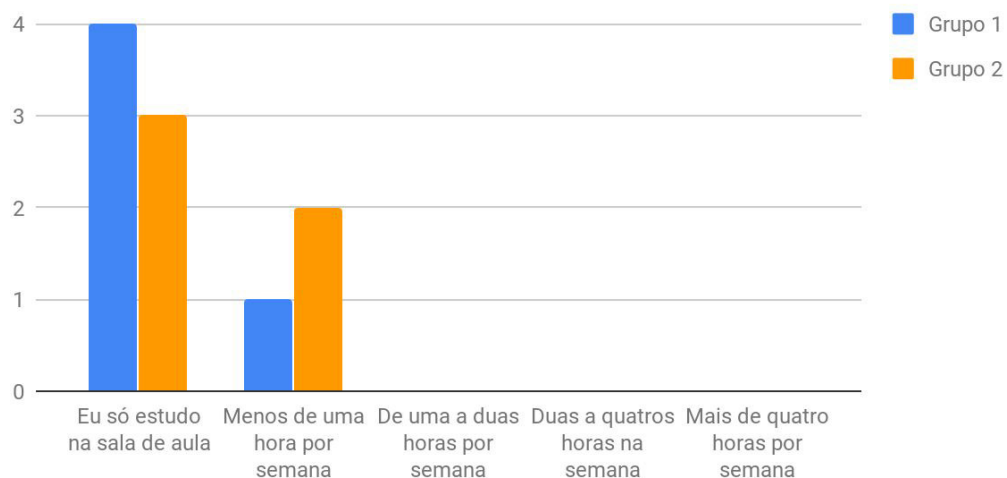
Fonte: dados da pesquisa

Pelo Gráfico 2, pode-se ver que todos os alunos do primeiro grupo possuem 16 anos e os alunos do segundo grupo possuem entre 15 e 17 anos, com uma média de idade igual a 16 anos, como no primeiro grupo.

- Tempo de estudo sobre Geometria Espacial

Gráfico 3 - Tempo de estudo de Geometria Espacial do Grupo 1 (azul) e 2 (laranja)

## Tempo de estudo



Fonte: dados da pesquisa

Pelo Gráfico 3, pode-se notar que mais da metade dos alunos envolvidos no teste não possuem uma tendência de estudar Geometria Espacial em casa. Isso é ainda pior no Grupo 1 em que 80% dos alunos somente estudam em sala de aula.

Pelo questionário, foi possível verificar que a única ferramenta de ensino de Geometria Espacial conhecida pelos alunos do Grupo 1 era o Geogebra, que suas experiências com a ferramenta foram somente em aula, e que despertaram pouco interesse em usá-las em casa. Já para o Grupo 2, nenhum aluno conhecia algum tipo de ferramenta para o ensino de Geometria Espacial, e somente um lembrou de ter usado alguma ferramenta, mas não lembrou-se do nome.

## **5.6. Realização dos Testes com os Alunos**

Na terceira etapa do projeto, foram realizados os testes de usabilidade, feitos com os alunos de ensino médio da UNECIM e da EEEP. Os testes foram realizados seguindo o Roteiro de Atividades e foram divididos em dois períodos. No primeiro período, foram realizados os testes com os alunos que já possuíam contato com o Geogebra, os alunos da UNECIM e, no segundo período, com os alunos da EEEP, que nunca haviam utilizado o Geogebra. Os testes foram realizados no Laboratório Interdisciplinar de Ciência da Computação e Engenharia de Software (LINCE), localizado no Campus da UFC em Russas. O computador utilizado rodava o sistema operacional GNU/Linux Debian, e continha o Geogebra e o SimpleScreenRecord, recurso para gravação de tela, devidamente instalados.

Durante aplicação do teste de usabilidade, não houve necessidade de utilizar um Observador, pois utilizados recursos de gravação de voz e da tela, para que pudesse ser feita uma análise mais detalhada posteriormente. Assim, este pesquisador participou do teste como Facilitador, auxiliando o aluno usuário sempre que necessário.

Como dito, no primeiro período, foram realizados os testes com os alunos de ensino médio da UNECIM, que já possuíam contato com o Geogebra, e que formam o Grupo 1. Abaixo, são descritos alguns detalhes de cada teste de usabilidade. Assim como no teste piloto, todos os usuários são identificados pelas suas iniciais e como no gênero masculino, a fim de não revelar o gênero dos alunos.

- **Aluno ASO**

O aluno ASO iniciou o teste conseguindo realizar as funções com facilidade, realizando todas as subtarefas da tarefa T1 com rapidez. Porém, com o decorrer do teste, foi

encontrando problemas, principalmente na criação da pirâmide, tendo enfrentado dois problemas, o da Pirâmide Ilusionista e o da Linha Perdida, que será explicado posteriormente. Além disso, realizou um quantidade mediana de perguntas, comparado ao grupo, em que quase a metade delas foi sobre alguma funcionalidade do Geogebra 3D. Por não ter realizado a subtarefa T2.2 e a tarefa 6, este foi o teste mais rápido desse grupo.

- **Aluno FALRF**

O aluno FALRF iniciou o teste com algumas dificuldades, mas conseguiu realizar todas as tarefas e, com o decorrer do teste, foi melhorando seu desempenho, mesmo com o aumento da dificuldade das tarefas. Na última tarefa, o aluno teve alguns problemas, mas conseguiu realizá-la também. Teve a Linha Perdida como problema enfrentado, e foi o aluno que fez mais perguntas no grupo, a maioria nas tarefas T1 e T6. Além disso, foi o aluno o que mais demorou na realização do teste, tendo completado todas as tarefas.

- **Aluno GCG**

O aluno GCG iniciou o teste com algumas dificuldades, e foi o aluno que demorou mais tempo na primeira subtarefa do grupo. Teve problemas também na formulação dos objetos, não tendo finalizado nenhuma delas. Enfrentou problemas na criação da pirâmide e na modificação dela, tendo que reconstruí-la por tê-la apagado acidentalmente. Enfrentou, também, o problema da Esfera Teimosa, obtendo, por isso, o pior tempo dentre todos os alunos dos dois grupos. No geral, foi o aluno que realizou menos perguntas, com apenas 9 dúvidas. Assim, foi o aluno com o maior tempo e não realizou as subtarefas T1.2, T2.2, T3.2, T3.2, T4.2, T5.2 e T6.2, todas referentes a formulação do objeto.

- **Aluno MMAE**

O aluno MMAE iniciou o teste com facilidade, teve dúvidas no início da tarefa T1.2, mas a realizou com sucesso. Com o decorrer das tarefas, foi melhorando seu rendimento, conseguindo realizar algumas subtarefas com os menores tempos em comparação com o grupo. Enfrentou os problemas da Pirâmide Ilusionista e da Linha Perdida, mas conseguiu resolvê-los rapidamente. No geral, teve uma quantidade mediana de perguntas em relação ao

seu grupo, quase a metade referente à tarefa T6. Foi o aluno que teve o menor tempo dentre os alunos que realizam todas as tarefas do teste.

- **Aluno VMAE**

O aluno VMAE iniciou o teste realizando a primeira tarefa de forma rápida e com poucas dúvidas em sua execução. Continuou assim no decorrer do teste, tendo, em média, uma pergunta por teste. Suas principais dificuldades foram nas subtarefas de formulação, as que demoraram mais tempo e tiveram mais perguntas. Além disso, enfrentou os problemas da Linha Perdida e do Parêntese Indestrutível, que será explicado no tópico de Problemas Encontrados. No geral, o aluno teve uma quantidade mediana de perguntas mediana e realizou o teste com tempo menor que a média do grupo, não tendo conseguido realizar a tarefa T6.2.

No segundo período, foram realizados os testes os alunos da EEEP, que não possuíam contato com o Geogebra. Esses alunos formam o Grupo 2, e mais detalhes sobre seus testes são especificados abaixo. Novamente, todos os usuários são identificados pelas iniciais de seus nomes e todos como no gênero masculino.

- **Aluno AML**

O aluno AML iniciou o teste realizando as primeiras subtarefas de forma rápida, comparado ao seu grupo, e, mesmo enfrentando o problema da Pirâmide Ilusionista, realizou as tarefas sempre melhorando sua performance. Teve algumas dificuldades na sub tarefa de formulação dos objetos, principalmente na tarefa T6, levando à não realização da sub tarefa T6.2. No geral, o aluno teve uma quantidade de perguntas na média comparado ao seu grupo e foi o único aluno do grupo que não realizou todas as tarefas.

- **Aluno DTFL**

O aluno DTFL iniciou o teste explorando a ferramenta para começar a realização das primeiras tarefas e, com o decorrer do teste, o aluno foi se adaptando e melhorando seu rendimento. Porém, nas subtarefas de movimentação do objeto, o aluno procurou algum modo de alterar o raio nas subtarefas T3.3 e T4.3. Ele conseguiu, mas isso custou um tempo bem

maior do que os outros alunos do grupo. Teve problemas com a Esfera Teimosa, mas resolveu facilmente o problema por que já sabia a solução. Teve como principal dificuldade a tarefa T6, mas conseguiu realizá-la com sucesso e dentro da média de tempo da tarefa no seu grupo. Em geral, o aluno teve uma quantidade mediana de perguntas em relação ao seu grupo e também obteve tempo mediano para seu grupo.

- **Aluno GSL**

O aluno GSL iniciou o teste explorando a ferramenta, começou a ter dificuldades a partir da segunda subtarefa do teste e, mesmo tirando dúvidas, demorou algum tempo para realizá-la. Enfrentou o problema da Pirâmide Ilusionista e, por conta disso, acabou criando muitos pontos na subtarefa T2.1, fazendo com que se atrapalhasse um pouco na realização da tarefa. Com o decorrer do teste, foi melhorando seu desempenho com a ferramenta, mas ainda com algumas dificuldades. Na última tarefa, teve muita dificuldade para realizá-la, por conta da criação da pirâmide e do plano que a intercepta. No geral, foi o aluno do grupo que teve mais dúvidas e que teve o maior tempo de todos os alunos dos dois grupos. Apesar disso, conseguiu realizar todas as tarefas do teste.

- **Aluno ICLG**

O aluno ICLG iniciou o teste explorando a ferramenta e realizando as primeiras subtarefas com algumas dúvidas. Com o tempo, foi melhorando, mas teve algumas dificuldades na subtarefa T4.2 por conta do problema do Parêntese Indestrutível e por algumas dificuldades na fórmula. Na última tarefa, teve alguns problemas com a subtarefa T6.1 por tentar deixar o objeto perfeito e na T6.2 por conta da dificuldade de obter os nomes dos valores. No geral, o aluno teve uma quantidade mediana de dúvidas, realizando todas as tarefas com o tempo abaixo da média do grupo.

- **Aluno MVFN**

O aluno MVFN iniciou o teste explorando a ferramenta até encontrar a funcionalidade para iniciar a primeira tarefa. Depois, teve algumas dificuldades na subtarefa T2.2, mas conseguiu realizá-la com um tempo ainda abaixo da média do grupo. Com o decorrer do teste,

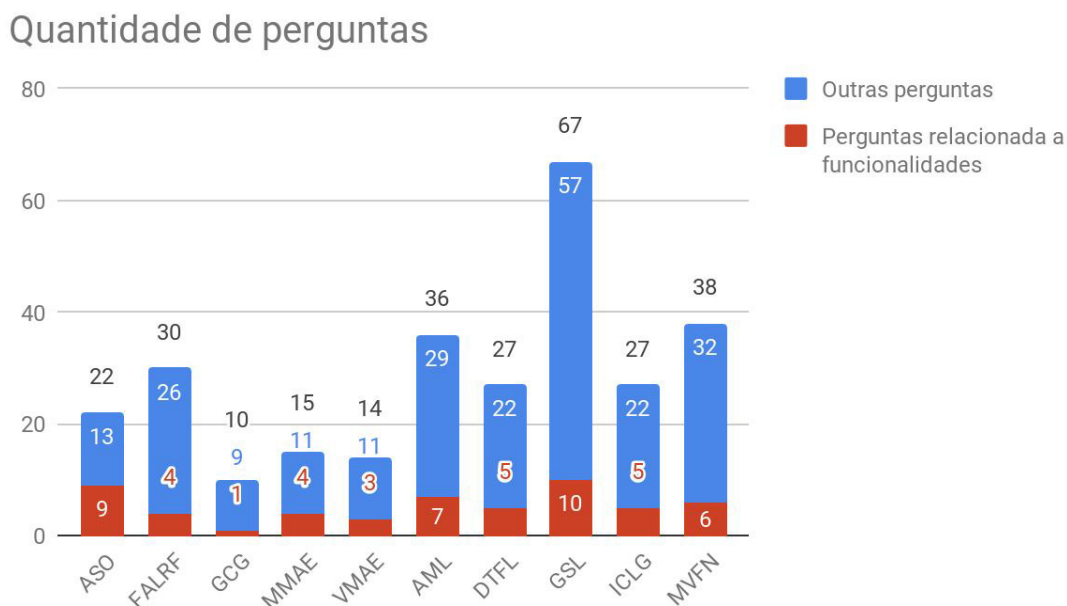
o aluno melhorou seu rendimento até a tarefa T6, quando o aluno teve dificuldades na criação (subtarefa T6.1), por conta do problema da Linha Perdida, e na formulação (subtarefa T6.2) do objeto. No geral, o aluno teve uma quantidade mediana de dúvidas e conseguiu realizar todas as tarefas do teste com o menor tempo do grupo.

A seguir, são informados os resultados do Questionário de Observação. Nesse questionário, há dados sobre o número de perguntas feitas, a quantidade de atividades realizadas e não realizadas e o tempo dos testes de cada aluno

- Quantidade de perguntas ao Facilitador

Abaixo, são apresentados os gráficos referentes à quantidade de perguntas realizadas durante o teste, separadas em perguntas sobre funcionalidades do software e outras perguntas. O primeiro gráfico mostra a quantidade de perguntas de cada aluno e o segundo gráfico mostra a quantidade de perguntas por grupo.

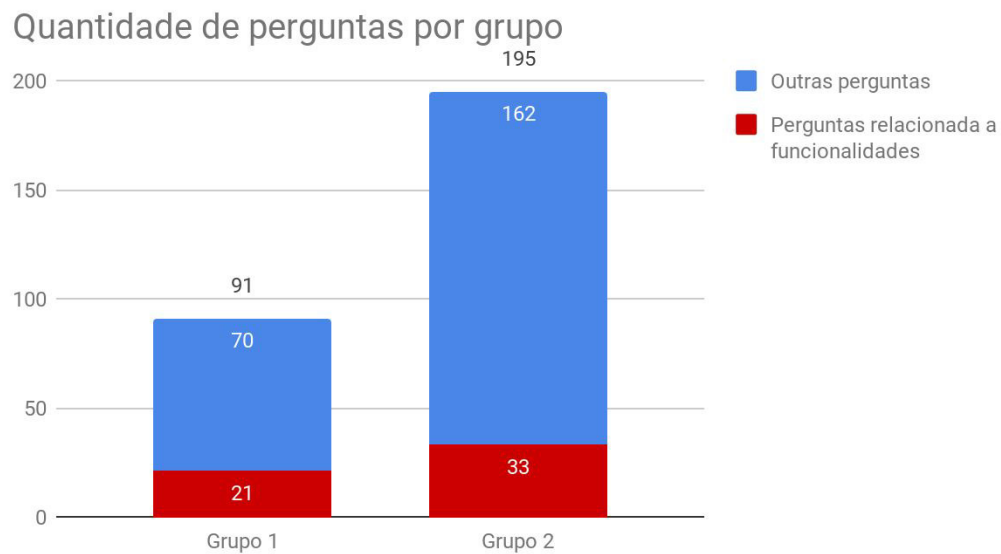
Gráfico 4 - Número de perguntas realizadas no teste por alunos dos Grupos 1 e 2



Fonte: dados da pesquisa

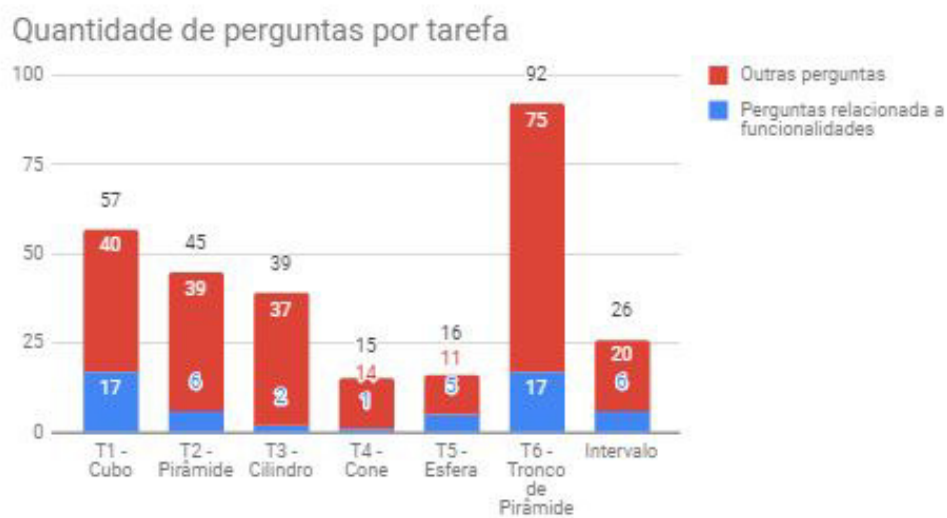
Gráfico 5 - Quantidade de perguntas por Grupo





Fonte: dados da pesquisa

Gráfico 6 - Quantidade de perguntas por Tarefa



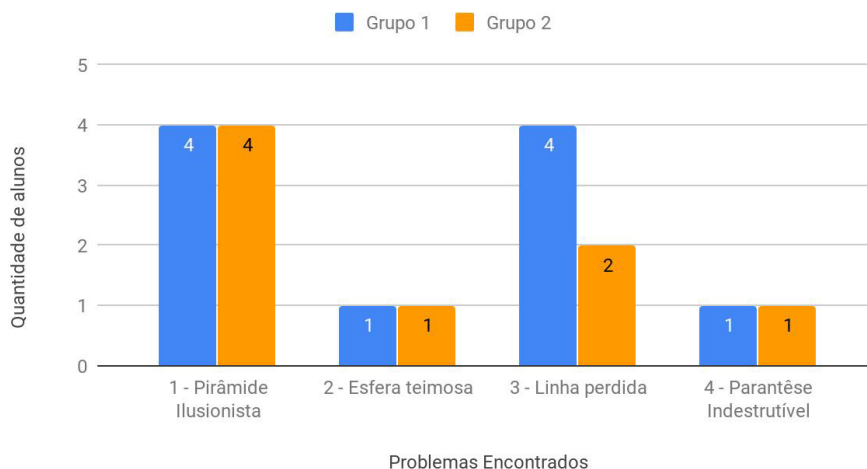
Fonte: dados da pesquisa

As principais perguntas realizadas foram de confirmação e de obtenção de valores nas fórmulas da tarefa, tais como “Como consigo o valor de altura?” ou “Como pego o valor do raio?”. Pode-se ver, pelos gráficos, que o Grupo 2 fez bem mais perguntas que o Grupo 1, tanto sobre funcionalidades quanto sobre outros assuntos. Esse resultado era esperado pelo trabalho, já que os alunos do Grupo 1 possuíam contato com a ferramenta e já sabiam utilizar algumas de suas funcionalidades. A tarefa mais questionada foi a tarefa T6 (Tronco de Pirâmide), especificamente a subtarefa de criação e formulação, com mais de 30% de todas as perguntas feitas.

- Problemas encontrados

Gráfico 7 - Quantidades de problemas encontrados pelos alunos

Quantidade alunos que encontraram problemas nos grupos



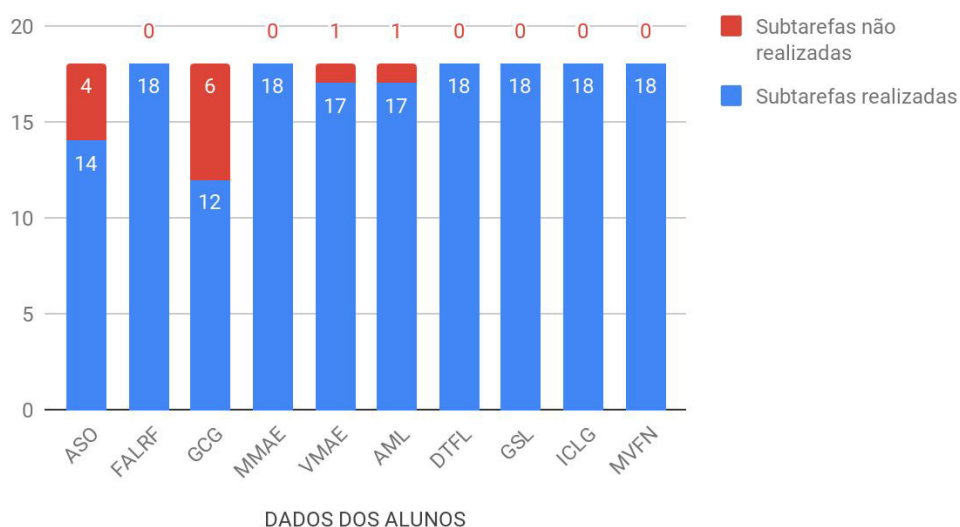
Fonte: dados da pesquisa

O Gráfico 7 mostra uma comparação dos problemas encontrados pelos alunos durante o teste com o Geogebra 3D. Os problemas 3 e 4 foram vistos nos testes com alunos e serão explicados no tópico de Problemas Encontrados dessa seção. Pode-se ver no gráfico que os alunos do Grupo 1 encontraram mais problemas que o Grupo 2, 10 do Grupo 1 contra 8 do Grupo 2, e a diferença foi dada devido ao problema da “Linha Perdida”.

- Subtarefas realizadas e não realizadas

Gráfico 8 - Quantidade de Subtarefas realizadas e Subtarefas não realizadas por aluno

Subtarefas realizadas e não realizadas pelos alunos



Fonte: dados da pesquisa

O Gráfico 8 mostra uma comparação entre as subtarefas realizadas e não realizadas. Pode-se ver no gráfico que os alunos do Grupo 1, os cinco primeiros alunos, possuem um número maior de subtarefas não concluídas, um total de 11, o que equivale a aproximadamente 12% das tarefas do grupo. No Grupo 2, somente uma sub tarefa não foi realizada. As subtarefas não concluídas pelo Grupo 1 foram T1.2 (1 aluno), T2.2 (2 alunos), T3.2 (1 aluno), T.4.2 (1 aluno), T5.2 (1 aluno), T6.1 (1 aluno), T6.2 (3 alunos) e T6.1 (1 aluno). Para o Grupo 2, a única não concluída foi a T6.2 (1 aluno).

- Tempo

Nas tabelas abaixo, estão descritos os tempos de cada usuário do teste de usabilidade, especificando o tempo de cada sub tarefa realizada, o tempo total do teste, e a média de tempo de cada tarefa.

Tabela 15 - Tempos de cada Sub tarefa dos alunos do Grupo 1.

Grupo 1	Tempo dos Alunos (m:s)					
	ASO	FALRF	GCG	MMAE	VMAE	Média aproximada
T1.1	0:43	0:44	1:28	0:14	0:18	0:41
T1.2	0:37	5:26	2:23*	1:25	1:22	2:12
T1.3	0:34	0:32	0:16	1:15	0:49	0:41
T2.1	2:09	2:11	0:59	2:24	1:47	1:54
T2.2	1:12*	3:33	0:29*	1:56	2:25	2:38
T2.3	0:13	0:07	2:08	0:04	0:09	0:32
T3.1	0:22	0:12	0:16	0:18	0:42	0:22
T3.2	2:32	1:54	0:32*	0:48	1:51	1:46
T3.3	0:10	0:06	1:47	0:04	0:34	0:32
T4.1	0:29	0:21	0:25	0:16	0:13	0:20
T4.2	0:53	1:52	0:44*	1:42	1:14	1:25
T4.3	0:32	0:08	0:13	0:07	0:06	0:13
T5.1	0:18	0:21	0:18	0:13	0:18	0:17
T5.2	1:44	1:24	0:14*	0:25	2:07	1:25

T5.3	0:05	0:08	7:35	0:15	0:08	1:38
T6.1	2:30*	2:24	9:33	3:50	1:15	4:15
T6.2	-*	5:31	0:50*	3:36	2:40*	4:33
T6.3	-*	0:06	0:05	0:04	0:22	0:09
Tempo total	15:03	27:00	30:15	18:56	18:19	21:54

Fonte: dados da pesquisa

Tabela 16 - Tempos de cada Subtarefa dos alunos do Grupo 2.

Grupo 2	Tempo dos Alunos (m:s)					
Subtarefas	AML	DTFL	GSL	ICLG	MVFN	Média aproximada
T1.1	0:23	1:50	2:07	1:04	1:05	1:17
T1.2	3:25	2:12	7:36	2:45	0:44	3:20
T1.3	1:41	0:21	1:09	0:06	1:02	0:51
T2.1	1:55	1:51	12:35	0:15	0:27	3:20
T2.2	4:48	1:37	5:20	1:06	1:52	3:36
T2.3	0:06	0:10	0:16	0:14	0:07	0:10
T3.1	0:16	0:22	1:40	0:12	0:35	0:37
T3.2	4:35	2:20	5:06	1:26	1:06	2:54
T3.3	0:34	3:55	0:40	0:13	0:34	1:11
T4.1	0:17	0:19	0:28	0:17	0:19	0:20
T4.2	1:34	0:37	2:08	2:45	1:55	1:07
T4.3	0:47	1:10	1:41	0:06	0:07	0:46
T5.1	0:20	0:22	1:02	0:33	0:20	0:31
T5.2	1:02	1:19	1:59	0:30	1:38	1:17
T5.3	0:40	0:12	0:12	0:12	0:15	0:18
T6.1	5:23	5:24	14:24	3:59	5:31	6:16
T6.2	5:12*	3:02	7:45	6:40	4:19	5:29
T6.3	0:05	0:05	0:17	0:09	0:11	0:09
Tempo total	33:03	27:08	1h09:25	22:32	22:17	34:56

Fonte: dados da pesquisa

Os tempos marcados com (\*) representam as subtarefas não realizadas. A média aproximada é a média dos valores das tarefas dos alunos, não levando em consideração os tempos das subtarefas não concluídas e o tempo total é a soma dos tempos de cada usuário ou da média.

Pode-se notar que alguns alunos passaram bastante da média como, por exemplo, o aluno GCG do primeiro grupo, que teve o tempo de 7:35 para realizar a sub tarefa T5.3, cuja média é 1:38, e o aluno GSL do segundo grupo, que teve o tempo de 12:35 na sub tarefa T2.1, cuja média é 3:20. Isso aconteceu por conta de alguns problemas encontrados durante o teste de usabilidade além dos problemas apresentados no teste piloto, como os relatados a seguir.

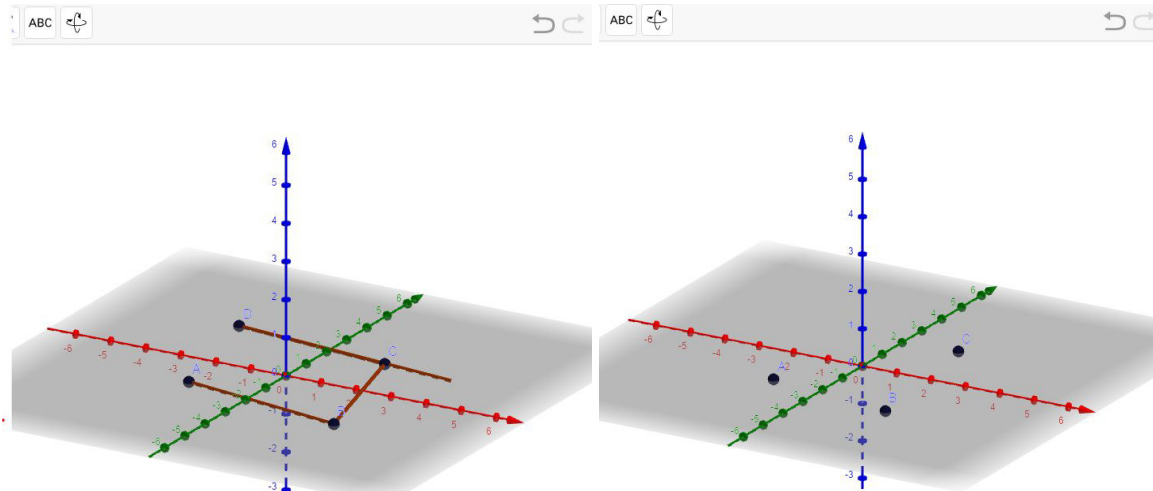
- **Problemas Encontrados**

Além dos problemas que foram encontrados nos teste piloto, outros problemas foram descobertos nos testes com os alunos, que podem ter acontecido no teste piloto mas, com o auxílio da gravação da tela, foram mais facilmente perceptíveis e são especificados abaixo.

- 1. Problema da Linha Perdida.***

Esse problema pode ocorrer nas subtarefas T2.1 e T6.1, e acontece quando o usuário tentar desfazer a criação de uma pirâmide. Nesse problema, o usuário clica na função de Criar Pirâmide, cria pelo menos um ponto e, sem que a tarefa termine, clica na opção de desfazer o último passo para depois continuar a tarefa de criar a pirâmide. Então, as linhas da pirâmide ainda não finalizada desaparecem, restando apenas os pontos da Pirâmide não finalizada. Para resolver o problema, é preciso que o usuário clique em outra funcionalidade da Janela 3D e depois clique novamente na opção de criar pirâmide.

Figura 4 - Construindo a Pirâmide antes e depois de utilizar a opção de desfazer



Fonte: elaborado pelo autor

## 2. *Problema do Parêntese Indestrutível.*

Esse problema pode ocorrer nas subtarefas de Criação de Fórmula, independente do objeto, acontecendo com mais frequência nas fórmulas que utilizam parênteses ou divisão como as tarefas T2.2 a T6.2. O problema ocorre quando, ao criar um parêntese, é impossível apagá-lo posteriormente. Para chegar no problema, o usuário precisa clicar na entrada e colocar um parêntese, pois o geogebra já cria o outro automaticamente, independente do lado (abre ou fecha parêntese) ou do que o usuário insira na entrada. Para resolver esse problema, o usuário deve começar de novo a fórmula que está construindo, podendo ou não apagar toda a fórmula anterior que teve o problema do parêntese.

Figura 5 - Exemplo da fórmula do volume da esfera com o valor AC

⚠	$\left(\frac{4AB^3}{3}\right) \cdot AC$
	→ indefinido
⚠	((AC))

Fonte: elaborado pelo autor

## 5.7. **Análise dos Resultados**

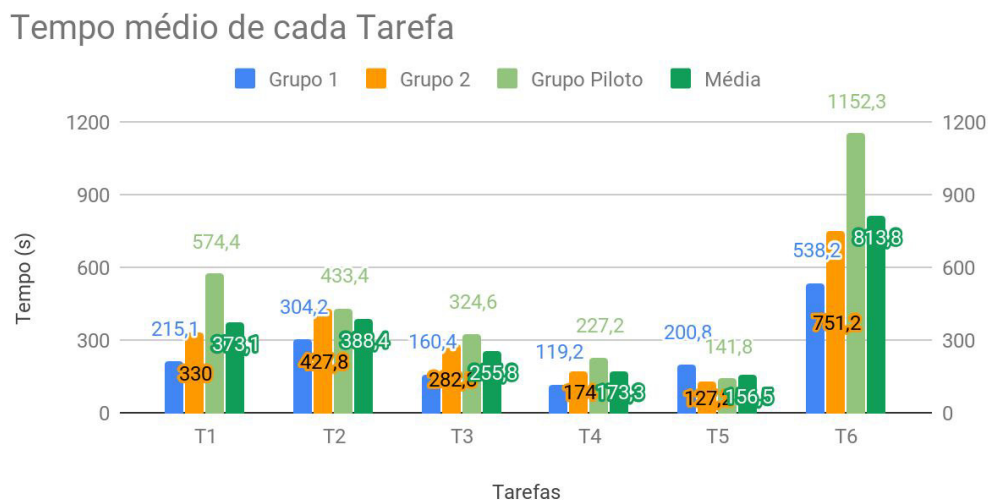
Nesta etapa, serão discutidas as análises dos teste de usabilidade dos alunos do Grupo 1, alunos que já utilizam o Geogebra, e do Grupo 2, alunos que nunca utilizaram o Geogebra.

Esta análise será dividida em três partes: análise do tempo, Análise do questionário de usabilidade e análise das reações gerais que os alunos tiveram no teste.

- Análise do Tempo

O Gráfico 9 mostra a média do tempo de cada tarefa do Grupo 1, do Grupo 2 e do Grupo Piloto em conjunto com a média.

Gráfico 9 - Tempo médio de cada Tarefa



Fonte: dados da pesquisa

Pode-se notar que os alunos do Grupo 1 obtiveram tempo menor em quase todas as tarefas. Esse fato era previsível, já que os alunos desse grupo já possuíam conhecimento sobre o Geogebra. Pode-se, ainda, ver que a tarefa com maior diferença de tempo entre os grupos foi a tarefa T6 (Tronco de Pirâmide), com uma diferença de aproximadamente 213 segundos (3 minutos e 33 segundos) para o Grupo 2 e 614 segundos (10 minutos e 14 segundos) para o Grupo Piloto.

Pelo gráfico, é observar que os alunos tiveram uma evolução gradativa durante o teste, a partir da T2 (Pirâmide), com exceção da última tarefa, pelo fato de as tarefas serem relativamente repetitivas. Essa evolução pode ser observada principalmente com o Grupo 2 pois, sendo esse o primeiro contato com a ferramenta, os alunos rapidamente se acostumaram com as funcionalidades e aprenderam o que fazer com cada uma delas.

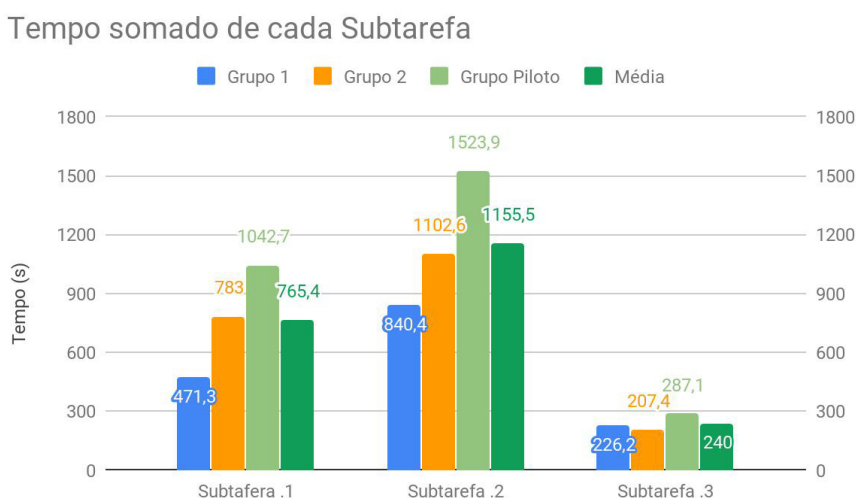
Porém, nota-se que a última tarefa (T6) é a mais demorada de todas, devido ao fato de que essa tarefa não só é a mais difícil, como também não existe a funcionalidade de criação deste objeto, e a criação desse modelo depende de outros recursos do Geogebra 3D. A subtarefa T6.2 possui a fórmula mais complicada de fazer, e são necessários recursos extras,

como a criação de retas dentro do modelo para o cálculo da fórmula. O uso desses recursos extras fez com que o Grupo 1 tivesse uma vantagem na tarefa, pelo seu conhecimento prévio da ferramenta, como pode ser visto na tabela de tempos.

Curiosamente, apesar da vantagem do Grupo 1, este foi o grupo com mais desistências nessa tarefa, com cinco desistências em subtarefas contra apenas uma do Grupo 2. Isso pode ter acontecido porque os alunos do Grupo 1, acostumados com ferramentas de criação dos objetos, quando se depararam com um objeto diferente dos já previamente programados no software, depois de algumas tentativas, chegavam a conclusão de que não era possível criar o tronco de pirâmide. Assim, eles desistiram de fazer a tarefa.

O Gráfico 10 mostra o tempo total de cada grupo em cada subtarefa, bem como a média entre eles.

Gráfico 10 - Tempo somado de cada Subtarefa



Fonte: dados da pesquisa

Pode-se analisar que as subtarefas de movimentação são mais rápidas que as outras, pois elas são mais simples e intuitivas que as demais, já que o aluno bastava apenas mover um ponto para realizar a subtarefa. Já a subtarefa de criação é um pouco mais demorada, porque precisa que o usuário realize uma sequência de passos para realizá-la que varia com o objeto. Por exemplo, para criar o Cubo o aluno precisa clicar na opção do cubo e criar dois pontos distintos; já para a Pirâmide, é necessário clicar na opção de pirâmide fazer um quadrilátero como base, e depois definir um último ponto numa reta perpendicular à base criada. Por último, a subtarefa mais complexa é a de formulação, que também varia de acordo com o



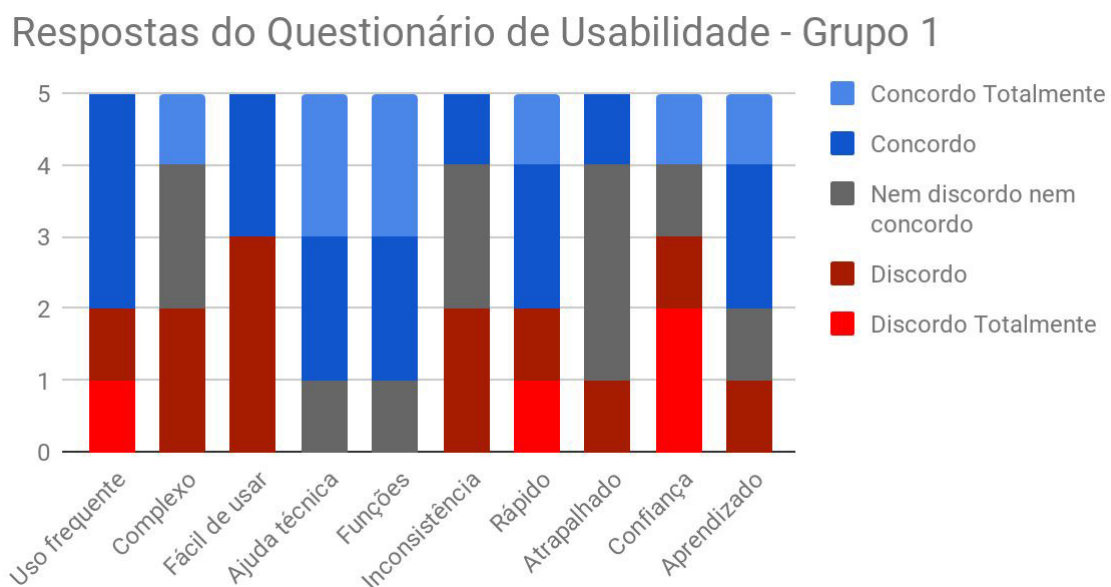
objeto e não é facilmente vista pelo aluno, pois não existe uma opção clicável para essa subtarefa. Outra dificuldade é na obtenção dos valores para a fórmula, pois a maioria dos alunos realizava os cálculos de cabeça em vez de colocá-los na ferramenta.

Além disso, pode-se notar pelo Gráfico 10 que a subtarefa 3 ficou com tempos relativamente parecidos por ser uma subtarefa mais fácil que as outras. Nas outras subtarefas, nota-se que o Grupo 1 obteve tempos melhores que os outros grupos, por possuir conhecimento prévio com a ferramenta. Esse comportamento já era esperado. Percebe-se, também, que o tempo do Grupo Piloto foi o maior de todos, pelo fato de que os tempos obtidos não serem tão precisos porque não houve o uso de gravação de tela nem de áudio e, principalmente, porque os Grupos 1 e 2, em geral, detinham um conhecimento mais recente do que foi visto no teste do que o Grupo Piloto, o que os favoreceu, principalmente, nas subtarefas de formulação de objetos.

## 5.8. Análise do Questionário SUS

Os Gráficos 11 e 12 mostram a quantidade de respostas de cada pergunta do questionário de usabilidade do Grupo 1 e do Grupo 2, respectivamente. Esse questionário, conforme mencionando anteriormente, foi baseado no SUS (*System Usability Scale*), e está disponível no Apêndice C.

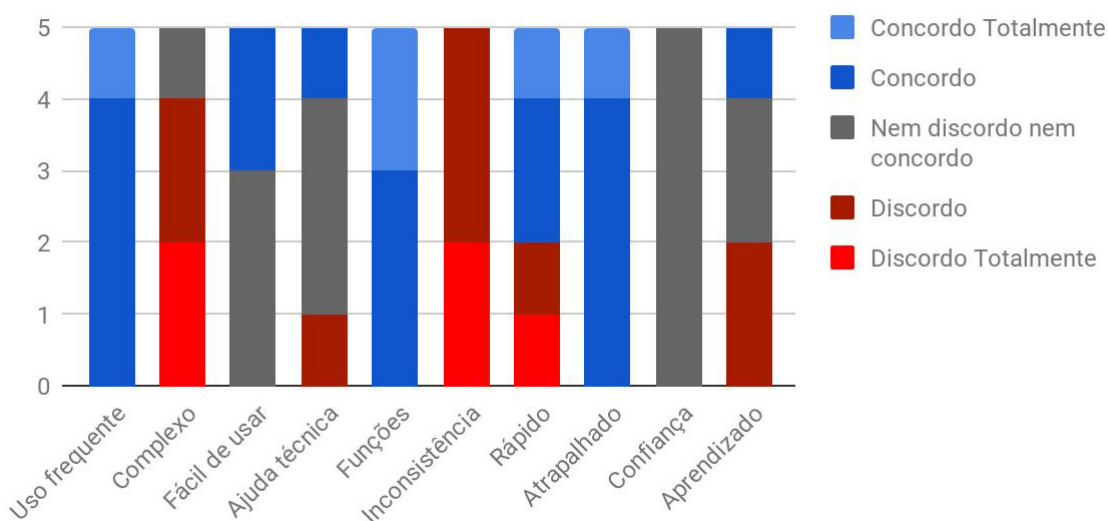
Gráfico 11 - Respostas do Questionário de Usabilidade do Grupo 1



Fonte: dados da pesquisa

Gráfico 12 - Respostas do Questionário de Usabilidade do Grupo 2

### Respostas do Questionário de Usabilidade - Grupo 2



Fonte: dados da pesquisa

De uma maneira geral, os dois grupos mais concordaram ou ficaram neutros do que discordaram, com o Grupo 1 tendendo mais para a concordância. Porém, para descobrir se essas respostas são positivas ou negativas, é necessário analisar o teor das perguntas.

A primeira questão pergunta se o aluno pretende usar o Geogebra com mais frequência; no Grupo 1, a resposta foi mais equilibrada com tendência para o concordo, e no Grupo 2, todos os alunos concordaram em usar mais vezes a ferramenta. A segunda questão é sobre a complexidade do Geogebra 3D; o Grupo 1 ficou equilibrado e o Grupo 2 achou ao sistema complexo. A terceira questão é sobre a facilidade de uso; ambos os grupos ficaram equilibrados, com o Grupo 1 tendendo para o discordo e o Grupo 2, para o concordo. A quarta questão é sobre se o aluno precisaria de ter conhecimentos técnicos para usar a ferramenta; o Grupo 1, no geral, concorda com a afirmação, e o Grupo 2 ficou dividido. A quinta questão é se as funções do Geogebra são bem integradas; ambos os grupos concordaram que a ferramenta possui funções bem definidas em seu uso.

A sexta questão é se a ferramenta apresenta muita inconsistência no uso, o Grupo 1 ficou equilibrado e o Grupo 2 discordou da afirmação. A sétima questão é se o aluno imagina que as pessoas aprenderão a usar a ferramenta com facilidade; ambos os grupos tiveram a mesma resposta equilibrada com tendência a concordar com a afirmação. A oitava questão

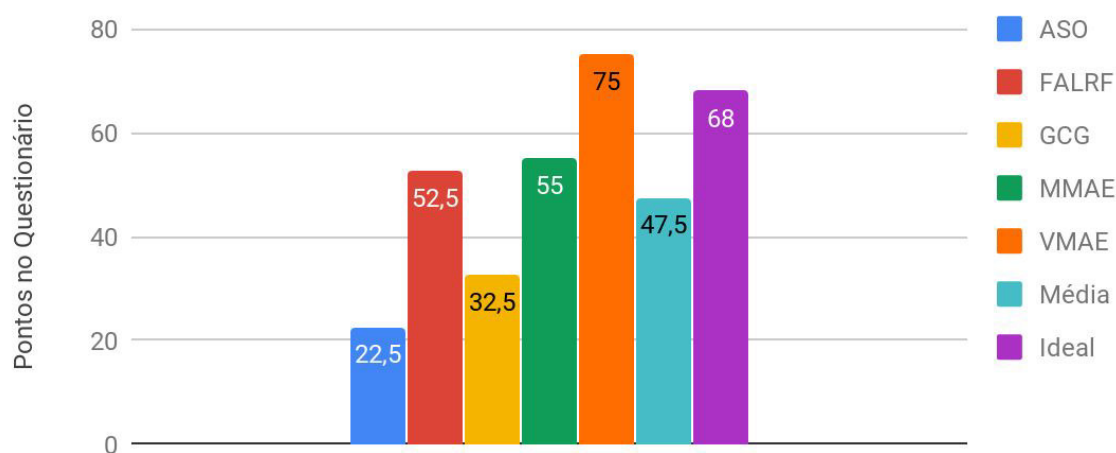
pergunta para o aluno se ele acha atrapalhado de usar a ferramenta; o Grupo 1 ficou equilibrado, com um concordo um discordo e a maioria neutra, e o Grupo 2 todo concorreu. A nona questão é se o aluno se sentiu confiante usando o Geogebra 3D; o Grupo 1, no geral, não se sentiu confiante, e o Grupo 2 foi todo neutro. Por fim, a décima questão pergunta se o aluno precisou aprender muitas coisas para utilizar o sistema; o Grupo 1 concordou enquanto que o Grupo 2 ficou equilibrado com tendência a discordar da pergunta.

Além disso, perguntou-se aos alunos quais as principais dificuldades sobre o uso da ferramenta. No Grupo 1, quase todos sentiram dificuldades ao realizar as tarefas, principalmente as de construção, com um aluno comentando que algumas tarefas necessitam de muitos comandos, confundindo e dificultando a realização da tarefa. O Grupo 2 teve mais dificuldades em começar as tarefas, principalmente de criação e algumas de modificação da estrutura mas, em geral, todos gostaram da ferramenta.

Com as respostas obtidas pelo questionário de usabilidade, pode-se obter os valores das respostas de cada aluno, e baseado no SUS, criar um gráfico com a pontuação dos testes de usabilidade da ferramenta. Os Gráficos 12 e 13 mostram essa pontuação.

Gráfico 13 - Pontuação do Questionário SUS no Grupo 1

### Pontuação do Questionário SUS no Grupo 1

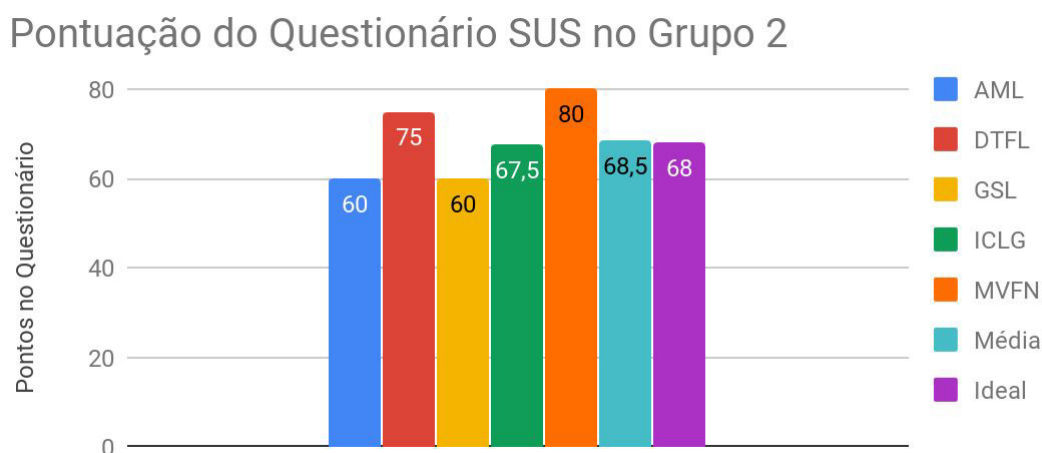


Fonte: dados da pesquisa

Pelo gráfico, pode-se notar que os resultados são bastante distintos uns dos outros, com resultados variando entre 22,5 e 75 pontos. A média obtida no teste foi de 47,5 pontos, abaixo do valor ideal de 68 pontos. Os dois menores valores são referentes aos alunos que desistiram

de subtarefas e que tiveram mais reclamações com o Geogebra 3D, e o maior valor é do aluno que realizou todas as tarefas com o menor tempo . Entretanto, pode-se destacar que somente um aluno pontuou acima do valor ideal, e 80% dos alunos pontuaram abaixo, mostrando que a maioria do grupo concorda com a pouca usabilidade que o sistema dispõe.

Gráfico 14 - Pontuação do Questionário SUS no Grupo 2



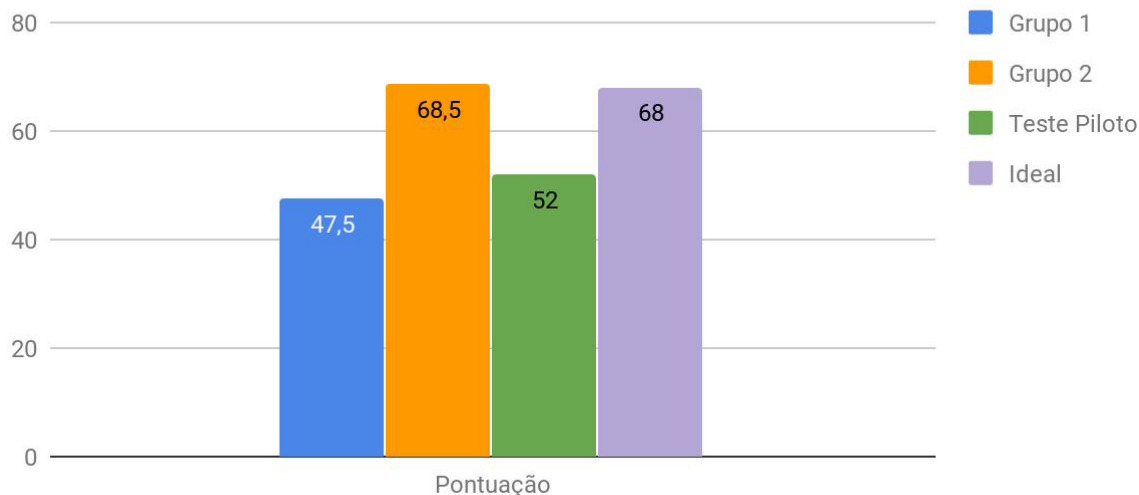
Fonte: dados da pesquisa

O Gráfico 14 mostra que a pontuação obtida pelo Grupo 2 foi mais regular que a do Grupo 1, uma vez que a diferença entre as pontuações extremas foi de apenas 20 pontos. Com isso, a média ficou bem próxima dos valores obtidos, atingindo 68,5 pontos. Pode-se destacar, ainda, que esse valor médio está levemente acima do valor ideal, mas ainda tem-se pelo menos 40% dos alunos com um resultado insatisfatório no uso da ferramenta.

Comparando as pontuações entre os dois grupos, pode-se destacar que o Grupo 1 apresentou a menor pontuação de todas, 22,5 pontos, e o Grupo 2, a maior, 80 pontos. Nota-se, ainda, que o menor valor do Grupo 2, 60 pontos, é maior que a pontuação de 4 alunos do Grupo 1. O Gráfico abaixo também mostra a média da pontuação obtida pelo resultado do questionário de usabilidade com os usuários do teste piloto. Percebe-se que eles também avaliaram que a interação com o Geogebra está abaixo do ideal.

Gráfico 15 - Média dos resultados dos Grupos do Questionário SUS

## Comparação com o resultado do SUS



Fonte: dados da pesquisa

Pode-se notar que a pontuação da ferramenta não foi boa, já que somente um grupo conseguiu ultrapassar o valor ideal, e por apenas 0,5 ponto, o Grupo 2. Entretanto, os outros dois grupos ficaram muito abaixo do valor ideal, principalmente o Grupo 1, que obteve média abaixo de 50 pontos. Isso provavelmente aconteceu porque os alunos desse grupo já conheciam a ferramenta, que eles achavam fácil, e que tiveram muitas dificuldades principalmente na última tarefa, e que encontraram muitos problemas no que só fez o Geogebra “cair no conceito deles”. Já para o Grupo 2, deve ter se surpreendido positivamente com a software, que faz coisas difíceis de serem feitas a mão, e que, por isso ficaram “encantados” com a ferramenta, refletindo na nota mais alta obtida pelo questionário SUS.

Apesar dessa diferença na nota, de maneira geral, como as notas foram abaixo ou muito perto no valor ideal, o software tem, sim, problemas de interface/interação.

## 6. CONCLUSÃO

Esse trabalho mostrou uma avaliação da usabilidade do software Geogebra para o ensino de Geometria Espacial. A avaliação foi realizada utilizando o Teste de Usabilidade, com a participação de dois grupos de alunos do ensino médio. O primeiro grupo, com alunos que já utilizavam a ferramenta e o segundo grupo com alunos que nunca utilizaram. Foram realizadas comparações dos testes utilizando principalmente, o tempo de conclusão de cada tarefa e o questionário SUS. No desenvolvimento do trabalho, foram abordados pontos referentes ao uso de softwares para o ensino, principalmente no ensino de geometria. Além disso, foram abordados questionamentos sobre a usabilidade de tais sistemas, mostrando o impacto negativo caso esses sistemas venham apresentar problemas relacionados à usabilidade, impactando principalmente no ensino que dispõe.

Nessa pesquisa, pôde-se notar que o Geogebra possui vários aspectos positivos, evidenciados pela evolução dos alunos durante o teste, principalmente do Grupo 2, que nunca tinham utilizado a ferramenta. Essa curva de aprendizagem rápida é ótima para uma ferramenta utilizada para o estudo ou em sala de aula.

Entretanto, vale ressaltar que o Geogebra teve vários pontos negativos, como os problemas que alguns participantes tiveram durante o teste de usabilidade, como o da Pirâmide Ilusionista e o da Esfera Teimosa que aconteceram em todos os grupos. Além disso, pôde-se notar que 70% dos alunos que participaram não atingiram a meta ideal para o teste SUS, e que a maioria desses alunos são do Grupo 1, alunos que já tinham utilizado a ferramenta. Isso demonstra que a ferramenta possui problemas graves de interface e/ou de interação, que devem ser corrigidos o mais rápido possível, para que o software possa ser melhor utilizado no ensino de matemática e de Geometria Espacial em escolas.

### 6.1. Sugestões

Além dos problemas notados durante os testes de usabilidade, os grupos que participaram da pesquisa sugeriram algumas melhorias nos questionários pós-teste, com o objetivo de facilitar a vida deles e de usuários futuros.

A primeira seria um acréscimo de descrição para cada funcionalidade da ferramenta, fazendo com o que apareça ao lado ou próximo do botão, e não embaixo, como tem nas

opções de criação de objetos. Alguns usuários, por exemplo, não viram ou só perceberam depois as descrições das funcionalidades na tela. Isso foge do padrão internacional, pois a maioria dos sistemas utilizam comentários ao lado ou próximo do botão da funcionalidade.

Outro ponto, relatado principalmente no teste piloto, foi a adição de tutoriais para cada funcionalidade da ferramenta e um “*tour*”, que seria a introdução da ferramenta através de passos para conhecer suas funcionalidades, podendo ser realizado por meio da própria ferramenta, ou por meio de vídeos ou arquivos adicionais disponibilizados para os usuários.

Um último ponto a ser destacado é a adição da funcionalidade de criação de Troncos de Pirâmide e de Troncos de Cone, pois são assuntos abordados em Geometria Espacial e, por o Geogebra ser uma ferramenta para o ensino que trabalha com esse assunto, essa funcionalidade ajudaria muitos os usuários que sentem dificuldade com o objeto, seja ele na sua criação ou nas suas fórmulas.

## **6.2. Trabalhos futuros**

Como trabalhos futuros, pode-se comparar outros softwares 3D para o ensino de Geometria Espacial, como o Cabri ou o Poly Pro, analisar a usabilidade com os mesmos testes de usabilidade e comparar os resultados com os dados encontrados nesse trabalho. Pode-se, também, analisar outros questionários e/ou outros métodos de coleta de informação que se apropriam para a análise de ferramentas 3D e obter novos resultados que podem se equiparar a estes apresentados ou que podem levar a conclusões diferentes.

## 7. REFERÊNCIAS

- BABO, R. M. **A Avaliação da Usabilidade de um Sistema**. 1996. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 1996.
- BARBOSA, Simone; SILVA, Bruno. **Interação humano-computador**. Elsevier Brasil, 2010.
- BERTI, Juliana Pereira; SAUER, Laurete Teresinha Zanol. Making and Understanding Analytic Geometry using the software Geogebra. **Scientia cum Industria**, v. 3, n. 3, p. 120-122, 2015.
- BORSOI, Caroline. **GeoGebra 3D no Ensino Médio: Uma possibilidade para a aprendizagem de Geometria Espacial**. 2016. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação de Ensino de Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.
- BREDA, Ana; TROCADO, Alexandre; SANTOS, José. O GeoGebra para além da segunda dimensão. **Indagatio Didactica**, v. 5, n. 1, 2013.
- CASTRO, José. **Geometria Espacial**. Disponível em: [www.infoescola.com/geometria-espacial](http://www.infoescola.com/geometria-espacial). Acesso em: 05 mai. 2018.
- CAVAGNI, Alexandre. **Um estudo de caso sobre softwares voltados para o ensino da geometria**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Mídias na Educação) - Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- CAVALCANTE, Natália. **Análise de usabilidade da ferramenta de modelagem LoTuS**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência da Computação) - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2015.
- COSTA, Ingrid et al. Melhor prevenir do que remediar: Avaliando usabilidade e UX de software antes de levá-lo para a sala de aula. In: **Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)**. 2016. p. 806.
- DANNA, Cristiane Lisandra. O teste piloto: uma possibilidade metodológica e dialógica na pesquisa qualitativa em educação. **Artigo apresentado no I Colóquio Nacional: Diálogos entre linguagem e educação & VII Encontro do NEL**, v. 3, 2016.
- FAINGUELERNT, Estela Kaufman. **Educação matemática: representação e construção em geometria**. Artmed Editora, 1999.



GEOGEBRA ORG. **Geogebra about**. Disponível em: [www.geogebra.org/about](http://www.geogebra.org/about). Acesso em: 12 mar. 2018.

ISO, W. 9241-11. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs). **The international organization for standardization**, v. 45, p. 9, 1998.

KEARSLEY, Greg; SHNEIDERMAN, Ben. Engagement theory: A framework for technology-based teaching and learning. **Educational technology**, v. 38, n. 5, p. 20-23, 1998.

NACIONAIS, Parâmetros Curriculares. matemática. **Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF**, 1998.

NASCIMENTO, Eimard GA do. Avaliação do uso do software GeoGebra no ensino de geometria: reflexão da prática na escola. **XII Encontro de Pós-Graduação e Pesquisa da Unifor, ISSN**, v. 8457, p. 2012, 1808.

NIELSEN, Jakob. **Usability Engineering**. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1993.

RAUBER, L. H. Usabilidade das interfaces das aplicações de Mídias Sociais para deficientes visuais: Twitter e Orkut. **Novo Hamburgo: Mestrado em Inclusão Social e Acessibilidade Feevale**, 2010.

REIS, Helena Macedo. **Concepção de um software de geometria interativa utilizando interfaces gestuais para dispositivos móveis**. 2014. Tese de Doutorado. Ciência da Computação e Matemática Computacional. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

RUBIN, Jeffrey; CHISNELL, Dana. **Handbook of usability testing: how to plan, design, and conduct effective tests**. John Wiley & Sons, 2008

SANTAROSA, Lucila Maria A.; GRAVINA, M. aprendizagem da matemática em ambientes informatizados. In: **IV Congresso RIBIE. Brasília**. 1998.

SILVA, Thiago Hellen Oliveira de. **Evolução de uma ferramenta de avaliação textual da usabilidade e experiência dos usuários em sistemas**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação para Engenharia de Software) - Universidade Federal do Ceará, Russas, 2018.

SIX, Janet M.; MACEFIELD, Ritch. **How to Determine the Right Number of Participants for Usability Studies**. 2016. Disponível em: <https://www.uxmatters.com/mt/archives/2016/01/how-to-determine-the-right-number-of-participants-for-usability-studies.php/>. Acesso em: 23 nov. 2018.

STEINMACHER, Igor Fabio et al. Uso do GeoGebra no Ensino de Matemática: Avaliação de Usabilidade e de Aprendizado. **Encontro Nacional de Informática e Educação (II ENINED)**, 2011.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A - Questionário de Caracterização do Aluno

Nome: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ Sexo: ( ) Masculino ( ) Feminino

Escola: \_\_\_\_\_

1. Você estuda/já estudou sobre Geometria Espacial?

( ) Sim

( ) Não

2. Você dedica muito tempo de estudo para Geometria Espacial?

( ) Eu só estudo na sala de aula

( ) Menos de uma hora por semana

( ) De uma a duas horas por semana

( ) Duas a quatro horas na semana

( ) Mais de quatro horas por semana

3. Você conhece/já utilizou de algum sistema(software) para lhe ajudar na aprendizagem de Geometria Espacial? Se sim, quais?

( ) Sim

( ) Não

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. Você conhece/já utilizou a ferramenta Geogebra?

( ) Sim

( ) Não

5. Qual sua experiência com o Geogebra?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



## APÊNDICE C - Questionário de Usabilidade do Geogebra

Código do aluno: \_\_\_\_\_

**1. Eu acho que gostaria de usar o Geogebra 3D com mais frequência.**

Discordo Totalmente	Discordo	Nem concordo nem discordo	Concordo	Concordo Totalmente
---------------------	----------	---------------------------	----------	---------------------

**2. Esse Geogebra 3D é desnecessariamente complexo.**

Discordo Totalmente	Discordo	Nem concordo nem discordo	Concordo	Concordo Totalmente
---------------------	----------	---------------------------	----------	---------------------

**3. Eu achei o Geogebra 3D fácil de usar.**

Discordo Totalmente	Discordo	Nem concordo nem discordo	Concordo	Concordo Totalmente
---------------------	----------	---------------------------	----------	---------------------

**4. Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar o Geogebra 3D .**

Discordo Totalmente	Discordo	Nem concordo nem discordo	Concordo	Concordo Totalmente
---------------------	----------	---------------------------	----------	---------------------

**5. Eu acho que as funções do Geogebra 3D são bem integradas.**

Discordo Totalmente	Discordo	Nem concordo nem discordo	Concordo	Concordo Totalmente
---------------------	----------	---------------------------	----------	---------------------

**6. Eu acho que o Geogebra 3D apresenta muita inconsistência.**

Discordo Totalmente	Discordo	Nem concordo nem discordo	Concordo	Concordo Totalmente
---------------------	----------	---------------------------	----------	---------------------

**7. Eu imagino que as pessoas aprenderão a usar o Geogebra 3D muito rapidamente.**

Discordo Totalmente	Discordo	Nem concordo nem discordo	Concordo	Concordo Totalmente
---------------------	----------	---------------------------	----------	---------------------

**8. Eu achei o Geogebra 3D atrapalhado de usar.**

Discordo Totalmente	Discordo	Nem concordo nem discordo	Concordo	Concordo Totalmente
---------------------	----------	---------------------------	----------	---------------------

**9. Eu me senti confiante ao usar o Geogebra 3D.**

Discordo Totalmente	Discordo	Nem concordo nem discordo	Concordo	Concordo Totalmente
---------------------	----------	---------------------------	----------	---------------------

**10. Eu precisei aprender várias coisas antes de conseguir usar o Geogebra 3D.**

Discordo Totalmente	Discordo	Nem concordo nem discordo	Concordo	Concordo Totalmente
---------------------	----------	---------------------------	----------	---------------------

**11. Eu senti algumas dificuldades no uso do Geogebra 3D. Caso sim, informe quais e o motivo se quiser.**

Discordo Totalmente	Discordo	Nem concordo nem discordo	Concordo	Concordo Totalmente
---------------------	----------	---------------------------	----------	---------------------

---



---



---

**12. O espaço abaixo é reservado para que possa expor sua opinião ou sugestões sobre o uso do Geogebra 3D (não é obrigatório).**

---



---



---



---

## APÊNDICE D - Descrição da Atividades de Teste

Bem-vindo à avaliação de usabilidade da ferramenta Geogebra, no seu recurso “Janela 3D”.

O nosso objetivo, com esta pesquisa, é avaliar o uso da ferramenta, identificando dificuldades no uso e coletando críticas positivas e negativas sobre sua usabilidade, utilidade, facilidade de uso e satisfação do usuário.

Lembramos que, neste teste, é a ferramenta “Janela 3D” que faz parte do Geogebra que será avaliada. Não tendo como objetivo a avaliação do usuário, mas sim das funcionalidades, da interface e do uso da ferramenta.

### Tarefas

#### T1 - Cubos

- 1 - Construa um Cubo com qualquer tamanho.
- 2 - Faça a fórmula da Área da Base ( $AB = L^2$ ) do Cubo definido anteriormente.
- 3 - Faça modificações na estrutura do Cubo (mover pontos ou aumentar o tamanho por exemplo).

*obs: AB = área da base; L = aresta lateral do cubo*

#### T2 - Pirâmides

- 1 - Construa uma Pirâmide de quatro lados de qualquer tamanho.
- 2 - Faça a fórmula da Área Lateral ( $AL = \frac{4 \cdot g \cdot L}{2}$ ) da Pirâmide definido anteriormente.
- 3 - Faça modificações na estrutura da Pirâmide (mover pontos ou aumentar o tamanho por exemplo) e veja se a fórmula criada está de acordo com o objeto.

*obs: g = altura lateral da pirâmide; L = aresta lateral da pirâmide*

#### T3 - Cilindros

- 1 - Construa um Cilindro com qualquer tamanho.
- 2 - Faça a fórmula da Área Total ( $AT = 2\pi r(r + h)$ ) do Cilindro definido anteriormente.
- 3 - Faça modificações na estrutura do Cilindro (mover pontos ou aumentar o tamanho por exemplo) e veja se a fórmula criada está de acordo com o objeto.

*obs: r = raio do cilindro; h = altura do cilindro*

**T4 - Cones**

- 1 - Construa um Cone com qualquer tamanho.
- 2 - Faça a fórmula do Volume ( $V = \frac{\pi r^2 h}{3}$ ) do Cone definido anteriormente.
- 3 - Faça modificações na estrutura do Cone (mover pontos ou aumentar o tamanho por exemplo) e veja se a fórmula criada está de acordo com o objeto.

*obs: r = raio do cone; h = altura do cone*

**T5 - Esferas**

- 1 - Construa uma Esfera com qualquer tamanho.
- 2 - Faça a fórmula do Volume ( $V = \frac{4\pi r^3}{3}$ ) da Esfera definido anteriormente.
- 3 - Faça modificações na estrutura da Esfera (mover pontos ou aumentar o tamanho por exemplo) e veja se a fórmula criada está de acordo com o objeto.

*obs: r = raio da esfera*

**T6 - Troncos**

- 1 - Construa um Tronco de Pirâmide com qualquer tamanho.
- 2 - Faça a fórmula do Volume ( $V = \frac{h*(Ab+AB+\sqrt{Ab*AB})}{3}$ ) do Tronco definido anteriormente.
- 3 - Faça modificações na estrutura do Tronco (mover pontos ou aumentar o tamanho por exemplo) e veja se a fórmula criada está de acordo com o objeto.

*obs: ab = área da base menor; AB = área da base maior; h = altura do tronco*



## APÊNDICE E - Termo de Consentimento Informado (UNECIM)

Eu, \_\_\_\_\_, portador do R.G. \_\_\_\_\_, responsável pelo(a) aluno(a) \_\_\_\_\_, da turma \_\_\_\_\_, declaro, por meio deste termo, que concordei em que o(a) aluno(a) participe da pesquisa intitulada **ANÁLISE DO GEOGEBRA PARA A APRENDIZAGEM DE GEOMETRIA ESPACIAL NO ENSINO MÉDIO**, desenvolvido pelo pesquisador **Carlos Eduardo Araújo Duarte** a quem poderei contatar pelo telefone (85) 99702-4722 ou e-mail: araujocarlos893@gmail.com. Fui informado(a), ainda, de que a pesquisa é coordenada/orientada pelo **Prof. Dr. Markos Oliveira Freitas**, da Universidade Federal do Ceará - Campus Russas, a quem poderei contatar a qualquer momento que julgar necessário, através do telefone (85) 99145-8414 ou e-mail: markos\_freitas@yahoo.com.br.

Tenho ciência de que a participação do (a) aluno (a) não envolve nenhuma forma de incentivo financeiro, sendo a única finalidade desta participação a contribuição para o sucesso da pesquisa. Fui informado (a) dos objetivos estritamente acadêmicos do estudo, que, em linhas gerais, são:

1. Analisar o contexto do ensino da Geometria Espacial no Ensino Médio.
2. Analisar o potencial didático dos recursos do software Geogebra 3D.
3. Descobrir pontos fortes e fracos no Geogebra 3D.

Fui também esclarecido (a) de que os usos das informações oferecidas pelo (a) aluno (a) serão apenas em situações acadêmicas (artigos científicos, palestras, seminários, etc.), sendo o aluno (a) **identificado (a) apenas pela inicial de seu nome**. A colaboração do (a) aluno (a) se fará por meio da realização das atividades realizadas ao Geogebra 3D e questionário escrito. No caso de fotos e vídeos, obtidas durante a participação do (a) aluno (a), autorizo que sejam utilizadas em atividades acadêmicas, tais como artigos científicos, palestras, seminários, etc., **sem identificação**. A colaboração do (a) aluno (a) se iniciará apenas a partir da entrega desse documento por mim assinado.

Estou ciente de que, caso eu tenha dúvida, ou me sinta prejudicado (a), poderei contatar o (a) pesquisador (a) responsável **João Carlos Franklin dos Santos** no Colégio Unidade Educacional Coração Imaculado de Maria (UNECIM), pelo telefone (88)997258100 ou pelo e-mail: jcaqui@gmail.com ou joaocarlos@joaocarlos.pro.br. Fui ainda informado (a) de que o (a) aluno (a) pode se retirar dessa pesquisa a qualquer momento, sem sofrer quaisquer sanções ou constrangimentos.

Russas, setembro de 2018.

Assinatura do Responsável: \_\_\_\_\_

Assinatura do Pesquisador: \_\_\_\_\_

Assinatura do Orientador da pesquisa: \_\_\_\_\_

## APÊNDICE F - Termo de Consentimento Informado (Walter Cavalcante Maia)

Eu, \_\_\_\_\_, portador do R.G. \_\_\_\_\_, responsável pelo(a) aluno(a) \_\_\_\_\_, da turma \_\_\_\_\_, declaro, por meio deste termo, que concordei em que o(a) aluno(a) participe da pesquisa intitulada **ANÁLISE DO GEOGEBRA PARA A APRENDIZAGEM DE GEOMETRIA ESPACIAL NO ENSINO MÉDIO**, desenvolvido pelo pesquisador **Carlos Eduardo Araújo Duarte** a quem poderei contatar pelo telefone (85) 99702-4722 ou e-mail: araujocarlos893@gmail.com. Fui informado(a), ainda, de que a pesquisa é coordenada/orientada pelo **Prof. Dr. Markos Oliveira Freitas**, da Universidade Federal do Ceará - Campus Russas, a quem poderei contatar a qualquer momento que julgar necessário, através do telefone (85) 99145-8414 ou e-mail: markos\_freitas@yahoo.com.br.

Tenho ciência de que a participação do (a) aluno (a) não envolve nenhuma forma de incentivo financeiro, sendo a única finalidade desta participação a contribuição para o sucesso da pesquisa. Fui informado (a) dos objetivos estritamente acadêmicos do estudo, que, em linhas gerais, são:

1. Analisar o contexto do ensino da Geometria Espacial no Ensino Médio.
2. Analisar o potencial didático dos recursos do software Geogebra 3D.
3. Descobrir pontos fortes e fracos no Geogebra 3D.

Fui também esclarecido (a) de que os usos das informações oferecidas pelo (a) aluno (a) serão apenas em situações acadêmicas (artigos científicos, palestras, seminários, etc.), sendo o aluno (a) **identificado (a) apenas pela inicial de seu nome**. A colaboração do (a) aluno (a) se fará por meio da realização das atividades realizadas ao Geogebra 3D e questionário escrito. No caso de fotos e vídeos, obtidas durante a participação do (a) aluno (a), autorizo que sejam utilizadas em atividades acadêmicas, tais como artigos científicos, palestras, seminários, etc., **sem identificação**. A colaboração do (a) aluno (a) se iniciará apenas a partir da entrega desse documento por mim assinado.

Estou ciente de que, caso eu tenha dúvida, ou me sinta prejudicado (a), poderei contatar o (a) pesquisador (a) responsável **Ms. Francisco Tadeu Valente Celedonio** na EEEP Prof. Walter Cavalcante Maia, pelo telefone (88) 999276720 ou pelo e-mail: tadeuceledonio@gmail.com .Fui ainda informado (a) de que o (a) aluno (a) pode se retirar dessa pesquisa a qualquer momento, sem sofrer quaisquer sanções ou constrangimentos.

Russas, setembro de 2018.

*Assinatura do Responsável:* \_\_\_\_\_

*Assinatura do Pesquisador:* \_\_\_\_\_

*Assinatura do Orientador da pesquisa:* \_\_\_\_\_

## **APÊNDICE G - Guia de Atividades**

Por conta do tamanho do documento, o guia está disponível neste link abaixo:

<https://docs.google.com/document/d/1K51IJ3z8CzLoaLvA2GFVHWPu6RpWCHStfCfHh2-bq3I/edit?usp=sharing>