

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS  
GERAIS  
CAMPUS TIMÓTEO**

Tassio Moreira Marques

**ELABORAÇÃO DE UM AMBIENTE VIRTUAL DE  
APRENDIZAGEM PARA O ENSINO DE CÁLCULO À LUZ  
DA IHC**

**Timóteo**

**2019**

**Tassio Moreira Marques**

**ELABORAÇÃO DE UM AMBIENTE VIRTUAL DE  
APRENDIZAGEM PARA O ENSINO DE CÁLCULO À LUZ  
DA IHC**

Proposta de pesquisa apresentada à Coordenação de Engenharia de Computação do Campus Timóteo do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Computação.

Orientador: Rutyle Caldeira Moreira  
Coorientador: Marcelo de Sousa Balbino

Timóteo

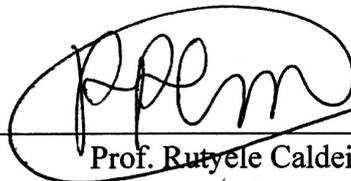
2019

Tassio Moreira Marques

**ELABORAÇÃO DE UM AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM PARA O ENSINO  
DE CÁLCULO À LUZ DA IHC**

Proposta de pesquisa apresentada à  
Coordenação de Engenharia de Computação do Campus  
Timóteo do Centro Federal de Educação Tecnológica de  
Minas Gerais para obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia de Computação.

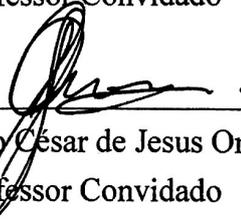
Trabalho aprovado. Timóteo, 13 de dezembro de 2019:



Prof. Rutyele Caldeira Moreira  
Orientadora



Prof. Marcelo de Sousa Balbino  
Professor Convidado



Prof. Júlio César de Jesus Onofre  
Professor Convidado

Timóteo  
2019

# Agradecimentos

Ao suporte dado pelos meus pais, serei pra sempre grato. À minha mãe Sirley, em especial, por sempre ver um potencial em mim, que muitas vezes eu tive dificuldades de enxergar.

À minha orientadora Rutyete eu agradeço pela orientação e confiança em um tema tão importante. Agradeço também pela sua visão, dedicação e empenho em participar ativamente de um grande desafio que a educação enfrenta neste novo mundo digital. Ao meu coorientador, Marcelo, pelo direcionamento, críticas e orientações que fizeram este trabalho muito melhor.

Às minhas irmãs, Samilla e Larissa, por todo carinho ao me ajudar a manter o foco durante este trabalho.

Aos grandes amigos que estiveram durante ao meu lado nesta jornada, que sempre foram suporte, leveza e fonte de inspiração.

E a vida, por ensinar que aprender coisas novas é uma das coisas mais divertidas que podemos fazer.

*"O professor deve adotar o papel de facilitador,  
não de provedor de conteúdo".  
Lev Vygotsky*

# Resumo

Este trabalho apresenta uma investigação para encontrar diretrizes e guias para o desenvolvimento de um Ambiente Virtual de Aprendizagem focado no ensino de Cálculo. O estudo foca em entender de forma exploratória, como um ambiente pode ser construído através de recomendações e entendimento dos principais estudos na área. Através do suporte da Interação Humano-Computador, a Engenharia Cognitiva e heurísticas de Nilsen, é desenvolvido o protótipo AVMath. Numa busca para entender como a formação do conhecimento se dá, e relacionar as diferentes mídias digitais com o Cálculo, faz-se um diálogo entre o sistema de atividade e a perspectiva teórica de Seres-humanos-com-mídia. O protótipo AVMath desenvolvido neste trabalho teve foco na visão do aluno e em como tornar a aprendizagem efetiva para o estudante. O protótipo também integra uma forma de comunicação especial que permite a comunicação matemática facilitada através da ferramenta de criação de equações do LaTeX, uma linguagem de marcação matemática. A usabilidade do AVMath foi avaliada através da técnica WE-QT, que pela facilidade de aplicação, permite que inspetores novatos possam fazer juízo de uma interface. O sistema se mostrou satisfatório no sentido de oferecer uma contribuição para o ensino de Cálculo e propiciar uma usabilidade amigável ao usuário.

**Palavras-chave:** Ambiente Virtual de Aprendizagem. Cálculo. Seres-humanos-com-mídias. Teoria da atividade. Interação Humano-Computador.

# Abstract

This paper presents an investigation in a search to find guidelines and guidance to the development of a Virtual Learning Environment with focus on the teaching of Calculus. This essay is focused in an exploratory understanding of how an environment can be created using recommendations and the understanding of the main studies in the field. Using the support of Human-Computer Interaction guides, Cognitive Engineering and Nilsen heuristics, the AVMath prototype is developed. In the search to understand how the knowledge is build, and to relate the different digital medias with Calculus, a dialog is constructed between the activity system and the perspective of Humans-with-media. The AVMath prototype developed in this work had the student perspective in mind and how to make the process of learning more effective for the student. The prototype also integrates a special way of communicating allowing mathematical dialogs to be more fluid using LaTeX tools to build equations. The AVMath usability was evaluated using the WE-QT technique, that for being easy to apply, allows the amateur inspector to make a evaluation of an interface. The build system has shown a satisfactory result when the goal is to offer a positive contribution to the teaching of Calculus and a friendly usable interface to the user.

**Keywords:** Virtual Learning Environment. Calculus. Humans-with-media. Activity theory. Human-computer interaction.

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Sujeito e objeto são mediados por artefato . . . . .	13
Figura 2 – Mídias como artefatos: Sistema S-H-C-M . . . . .	15
Figura 3 – As cinco gerações de educação à distância . . . . .	18
Figura 4 – O coletivo SHCM . . . . .	19
Figura 5 – Sistema de atividade expandido . . . . .	21
Figura 6 – Um sistema de atividade e S-H-C-M em diálogo . . . . .	21
Figura 7 – Os Golfos de Execução e Avaliação . . . . .	23
Figura 8 – Conectando os golfos . . . . .	24
Figura 9 – O espaço de aprendizagem . . . . .	27
Figura 10 – Conectando os golfos . . . . .	29
Figura 11 – Fluxo Estudante . . . . .	45
Figura 12 – Comunicação Matemática . . . . .	46
Figura 13 – Tela Principal . . . . .	47
Figura 14 – Chat Mobile . . . . .	48
Figura 15 – Fluxo Professor . . . . .	49
Figura 16 – AVMath: Seleção de cursos . . . . .	51
Figura 17 – AVMath: Tela do curso . . . . .	52
Figura 18 – AVMath: Discussão e <i>Chat</i> . . . . .	53
Figura 19 – AVMath: Biblioteca de equações . . . . .	54
Figura 20 – AVMath: Experimentação no AVA . . . . .	56
Figura 21 – AVMath: Você sabia? Relevância e contexto no AVA . . . . .	57
Figura 22 – AVMath: Sessão de perguntas . . . . .	58

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Heurísticas x Perspectivas da WDP v5 . . . . .	33
Tabela 2 – Categorias do modelo ARCS, Definições, e Questões do processo .	36
Tabela 3 – Tecnologias e Ferramentas . . . . .	49
Tabela 4 – Diretrizes coletadas . . . . .	58

# Lista de abreviaturas e siglas

AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
EaD	Educação à Distância
GPIMEM	Grupo de Pesquisa em Informática, outras Mídias e Educação Matemática
IHC	Interação Humano-Computador
S-H-C-M	Seres-humanos-com-mídias
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
LaTeX	Lamport TeX
MVP	Mínimo Produto Viável
RTF	Rich Text Format
WDP	Web design perspective-based usability evaluation
WDP-RT	Web Design Perspectives-based usability Evaluation - Reading Technique
WE-QT	Web Evaluation Question-Technique

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.1	Definição do Problema	13
1.2	Justificativa	15
1.3	Objetivo Geral	16
1.4	Resultados Esperados	16
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>17</b>
2.1	Ambiente Virtual de Aprendizagem	17
2.2	Seres-humanos-com-mídias e teoria da atividade em diálogo	19
2.3	Engenharia Cognitiva	22
2.3.1	Golfos de execução e avaliação	23
2.3.2	Estratégias Cognitivas para Aprendizagem	25
2.4	Design Motivacional	27
2.5	As 10 heurísticas de usabilidade de Nilsen	29
2.5.1	Diálogo natural e simples	30
2.5.2	Fale a língua do usuário	30
2.5.3	Redução do uso da memória do usuário	30
2.5.4	Consistência	30
2.5.5	Feedback	31
2.5.6	Saídas explícitas	31
2.5.7	Atalhos	31
2.5.8	Mensagens de erro relevantes	31
2.5.9	Prevenção de erros	32
2.5.10	Ajuda e documentação	32
2.6	Técnica WE-QT para avaliação de usabilidade	32
<b>3</b>	<b>ESTADO DA ARTE</b>	<b>35</b>
3.1	A motivação na aprendizagem	35
3.2	Em busca de diretrizes	37
3.2.1	Comunicação matemática em um ambiente <i>online</i>	37
3.2.2	Ambientes virtuais e aprendizagem matemática	38
3.3	Aprendizagem colaborativa	40
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODO</b>	<b>42</b>
<b>5</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	<b>43</b>

<b>5.1</b>	<b>Um catálogo de diretrizes</b> . . . . .	<b>43</b>
5.1.1	O modelo ARCS . . . . .	43
<b>5.2</b>	<b>A arquitetura do AVA</b> . . . . .	<b>44</b>
<b>5.3</b>	<b>Prototipação</b> . . . . .	<b>49</b>
5.3.1	Telas do sistema . . . . .	50
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E ANÁLISE</b> . . . . .	<b>55</b>
<b>6.1</b>	<b>Avaliação de usabilidade: técnica WE-QT</b> . . . . .	<b>55</b>
<b>6.2</b>	<b>As diretrizes de um AVA</b> . . . . .	<b>56</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> . . . . .	<b>59</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	<b>61</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>65</b>

# 1 Introdução

*"You can often view glimpses of ingeniousness not as inexplicable miracles, but as the residue of experience".*

*Grant Sanderson*

"No cenário atual, o presencial se virtualiza e a distância se presencializa", afirmam Dallabona e Fariniuk (2018, p. 36). Para os autores, este cenário é atribuído ao confronto em que a educação encontra com as novas Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs). As TICs tratam do uso de suportes tecnológicos, por exemplo, computadores, como forma de acesso e veiculação da informação (KENSKI, 2012). Com a evolução das TICs,

as mídias há muito tempo abandonaram suas características de mero suporte tecnológico e criaram suas próprias lógicas, suas linguagens e maneiras particulares de comunicar-se com as capacidades perceptivas, emocionais, cognitivas, intuitivas e comunicativas das pessoas. (KENSKI, 2012, p. 19)

Em outras palavras, os avanços e aumento no uso das TICs são responsáveis por novas perspectivas na Educação a distância (EaD) (ALMEIDA, 2003). O surgimento das TICs "reavivou as práticas de EaD devido à flexibilidade do tempo, quebra de barreiras espaciais, emissão e recebimento instantâneo de materiais"(ALMEIDA, 2003, p. 330). Ainda, a ideia da virtualização da presença é, em especial, interligada com a quinta geração da EaD, que segundo Moore e Kearsley (2008), é baseado no uso da internet e classes virtuais *online*. Gracias (2003) argumenta que a EaD não deve ser entendida apenas como resultado de uma evolução tecnológica proveniente das TICs e internet, mas também ser considerada como uma alternativa para resolver questões educacionais.

Os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) são espaços com intencionalidade pedagógica própria, de forma que exige um planejamento prévio que vincule conteúdos virtualmente, integre mídias e recursos em vista de um objetivo educacional (ROLIM; SCARAMUZZA, 2016; ALMEIDA, 2003). O ambiente é organizado com o objetivo de ser utilizado de forma colaborativa, que se difere da sala de aula devido aos encontros entre os estudantes e instrutores ocorrerem em espaços e tempos diferentes. (COSTA; ORTEGA, 2018).

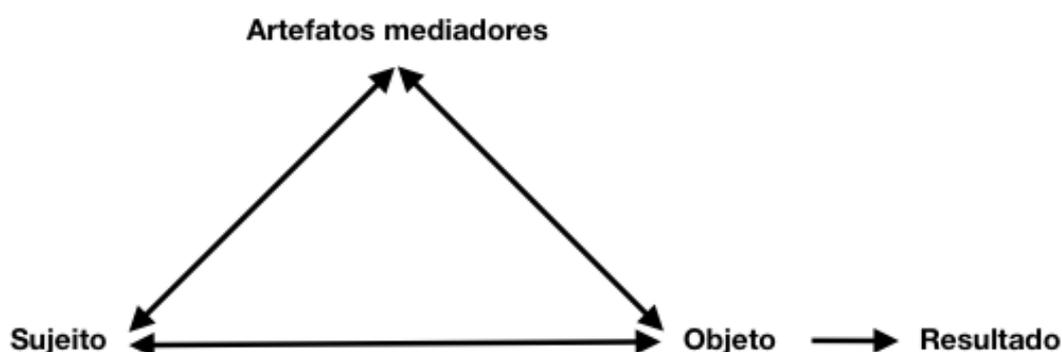
Em "Possibilidades expansivas do sistema Seres-humanos-com-mídias: um encontro com a Teoria da Atividade", Souto e Araújo (2013) estabelecem um diálogo entre duas perspectiva teóricas: seres-humanos-com-mídias (S-H-C-M) e a teoria da atividade. Para os S-H-C-M,

o pensamento não é centrado apenas no ator humano, mas em uma unidade constituída de seres-humanos e de mídias: oralidade, lápis-e-papel, informática, ambientes virtuais de aprendizagem, etc. (SOUTO; ARAÚJO, 2013, p. 72)

Por sua vez, a teoria da atividade, se preocupa principalmente com

as transformações que ocorrem nas interações que se estabelecem entre os seres humanos e o ambiente no desenvolvimento de atividades, mediadas por artefatos. (SOUTO; ARAÚJO, 2013, p. 72)

Figura 1 – Sistema de atividade: Sujeito e objeto são mediados por um artefato.



Fonte: (ENGESTRÖM, 1999)

A figura 1 apresenta o modelo básico da relação de mediação da teoria da atividade. O diálogo discutido por Souto e Araújo (2013), converge para a própria expansão do S-H-C-M, onde as mídias, moldando as ações humanas, passam a agir como artefato mediador. Os aspectos mais profundos da teoria serão abordados na fundamentação teórica, capítulo 2.

## 1.1 Definição do Problema

As disciplinas de Cálculo, em especial o Cálculo I, carregam um certo status intelectual entre os estudantes. Um estudante aprovado em alguma disciplina do Cálculo, é considerado por muitos, de inteligência superior (ALMEIDA, 2016). A disciplina, que possui uns dos maiores índices de reprovação e evasões de estudantes universitários, é motivo de preocupação entre os professores (ALMEIDA, 2016; MARIN; PENTEADO, 2011; MEYER; JÚNIOR, 2002). Os motivos do porque existe grande preocupação com Cálculo I são listados por Marin e Penteado (2011):

- O Cálculo I, em geral, é ofertado no primeiro semestre, e por isso, possui grande número de alunos na turma.

- A grande quantidade de conteúdo exige um ritmo acelerado de ensino do professor. Sobra pouco tempo para investigação, questionamento e pensamento do aluno.
- A formação deficiente que o aluno carrega do ensino médio, exige o condensamento de conteúdos do Cálculo em função da necessidade que o professor tem de resolver a formação deficiente do aluno.

Meyer e Júnior (2002) explicam que o interesse existente na discussão do ensino e aprendizagem de Cálculo não é novo, sendo as principais abordagens da discussão em temas como a motivação, autonomia, raciocínio e criatividade do aluno.

Na Engenharia Cognitiva, uma abordagem da Interação Humano-Computador (IHC), o estudo dos fatores motivacionais, bem como os fatores emocionais, os fatores sensoriais e os fatores intelectuais se agregam para definir estratégias cognitivas para aprendizagem. O conhecimento destas estratégias são fatores importantes no desenvolvimento de um ambiente virtualizado. As possibilidades de interação em um ambiente virtual permitem a exploração destes fatores (NETTO, 2010).

Um bom *design* começa com o entendimento de psicologia e tecnologia. Um bom *design* exige boa comunicação, especialmente da máquina para pessoa, indicando quais ações são possíveis, o que está acontecendo, e o que está prestes a acontecer. (NORMAN, 2013, p. 8, tradução nossa) <sup>1</sup>

Por essa perspectiva, a IHC é entendida como uma poderosa ferramenta na construção de um AVA. Este trabalho se suporta na ideia de que o uso das TICs pode trazer benefícios significativos para a aprendizagem de Cálculo. O aprendizado deverá se dar através de um AVA, de forma que a ferramenta seja uma extensão do ambiente presencial de aula, não um substituto. O AVA em questão, deverá observar princípios de IHC, uma vez que a interatividade relevante, definida por estratégias cognitivas, é elemento essencial para uma educação efetiva *online*.

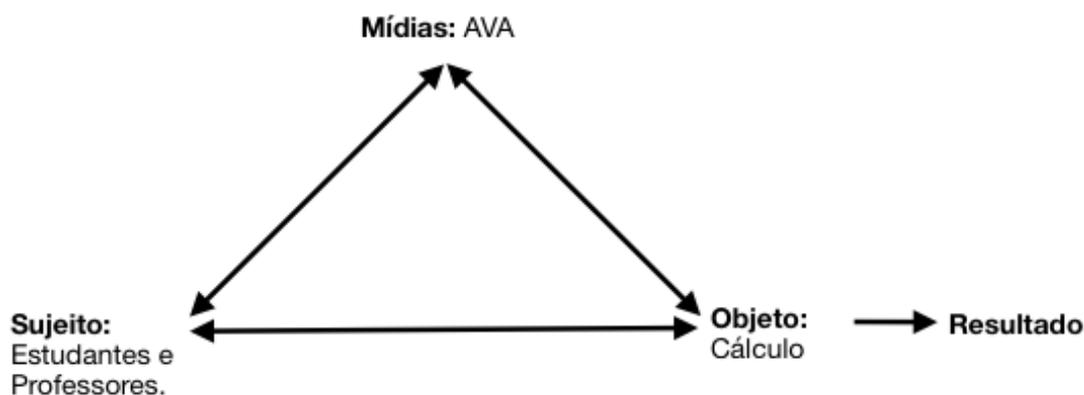
Gravina e Santarosa (1999) estabelecem um argumento em defesa de uma abordagem construtivista para o estabelecimento da aprendizagem matemática. O Construtivismo, de Jean Piaget, defende que a construção do conhecimento se dá pelas percepções e ações do próprio sujeito. Para o contexto matemático, o aprendizado depende de ações para a construção da matemática: "experimentar, interpretar, visualizar, induzir, conjecturar, abstrair, generalizar e enfim demonstrar"(GRAVINA; SANTAROSA, 1999, p. 1). As autoras estabelecem características de um ambiente

---

<sup>1</sup>"Good design starts with an understanding of psychology and technology. Good design requires good communication, especially from machine to person, indicating what actions are possible, what is happening, and what is about to happen".

construtivista informatizado: meio dinâmico (manipulação direta sobre as representações); meio interativo (dinâmica ação-reação, aluno-ambiente); meio para modelagem ou simulação (construção de modelos e experimentação).

Figura 2 – Mídias como artefatos: Sistema S-H-C-M



Fonte: (SOUTO; ARAÚJO, 2013) (Adaptado)

A figura 2 se relaciona à expansão do S-H-C-M no diálogo com a teoria da atividade. No modelo vê-se estudantes e professores como sujeitos ativos da educação, em um sistema de colaboração. O AVA (representando as mídias) atuando no papel de mediador entre o sujeito e o objeto, o Cálculo. Assim, converge-se na questão de pesquisa deste trabalho:

***De que forma um AVA pode facilitar a aprendizagem de Cálculo, à luz da IHC?***

## 1.2 Justificativa

O censo de 2016 da Associação Brasileira de Educação a Distância (ABED) apontam um número expressivo de alunos beneficiados por cursos EaD. Os dados indicam um número total de 3.734.887<sup>2</sup> alunos matriculados em cursos a distância no ano de 2016. A ABED entende que estes números são certamente subnotificados, o que indicaria um número ainda maior de alunos. Esses números demonstram a presença cada vez mais comum no cenário educacional brasileiro. O censo também ressalta a importância de se criar novas abordagens pedagógicas para a EaD, sendo o maior motivo de preocupação dos entrevistados.

A criação de estratégias de *design* para interfaces educacionais é um grande desafio para educadores. Uma vez que o engajamento do aluno é necessário para

<sup>2</sup>O Censo EAD.BR 2016 contabilizou 561.667 alunos em cursos regulares totalmente a distância, 217.175 em cursos regulamentados semipresenciais, 1.675.131 em cursos livres não corporativos e 1.280.914 em cursos livres corporativos (ABED, 2017).

atingir bons resultados de aprendizagem, a motivação do estudante, um componente-chave para instrução e aprendizagem, é apontada como um dos principais problemas. (MANTOVANI; PINTO; SHIGAKI, 2018).

Promover uma discussão em EaD, a partir da relação entre motivação, aprendizagem e *design*, permite perceber as potencialidades e os desafios que se colocam às dinâmicas contemporâneas de ensino e aprendizagem. (MANTOVANI; PINTO; SHIGAKI, 2018, p. 106)

Quanto à educação de matemática, Santos (2006) acredita na interferência que um ambiente computacional exerce nas ações quando se tem que resolver um problema matemático. Bello (2004) concorda no sentido de que as tecnologias podem trazer novas possibilidades à educação, como na construção de ambientes de aprendizagem que incentivam a construção do conhecimento, ampliação de contexto, pensamento reflexivo e crítico.

### 1.3 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é definir uma estrutura composta por guias e diretrizes, dentre as diversas formas e técnicas que podem ser aplicadas na criação de um AVA, visando favorecer a aprendizagem de Cálculo. A IHC trará luz a questão através da observância de práticas, baseadas em aspectos cognitivos, que favoreçam a resolução do problema em questão.

### 1.4 Resultados Esperados

O Resultado principal esperado deste projeto são diretrizes e guias para a construção de uma ambiente virtual de aprendizagem. Um ambiente virtual que se foque no ensino de habilidades matemáticas. E embora um AVA possa ser abrangente em seu objetivo de ensino, este deve observar a importância da linguagem matemática e as particularidades do Cálculo.

Espera-se construir um ambiente que facilite a comunicação aumentando a confiança entre professores e estudantes. Comunicação construída na observância das particularidades de um ambiente online.

## 2 Fundamentação Teórica

*"You can often view glimpses of ingeniousness not as inexplicable miracles, but as the residue of experience".*

*Grant Sanderson*

Nesta seção, são explorados conceitos que darão embasamento para este trabalho: Os Ambiente Virtuais de Aprendizagem, Seres-humanos-com-mídias com teoria da atividade e a Interação Humano-Computador.

Existem muitas definições sobre o que é um Ambiente Virtual de Aprendizagem. Embora tais definições possuam similaridades, uma conceituação única sobre um AVA se faz necessária para que seja entendido qual o direcionamento tomado por este trabalho.

Para o entendimento de como o conhecimento é construindo no alinhamento cálculo-tecnologia, os conceitos bases são formados no diálogo seres-humanos-com-mídias e teoria da atividade: como as tecnologias/mídias se apresentam no ensino de cálculo?

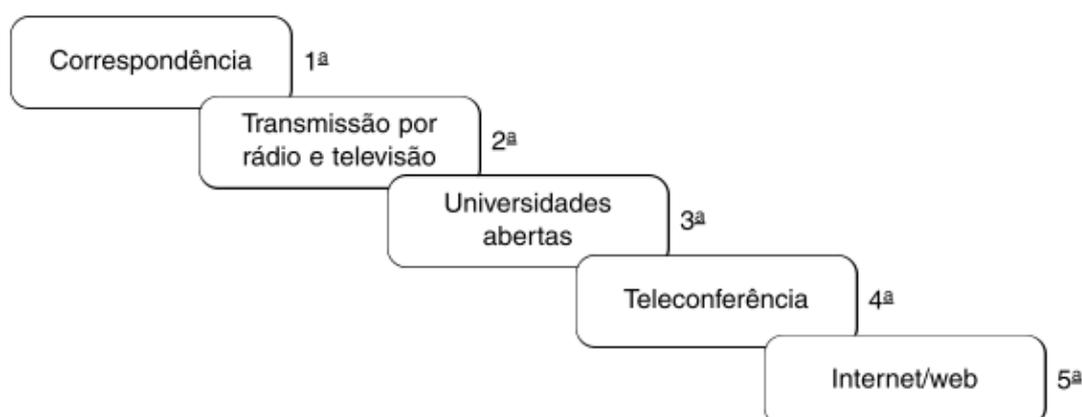
A Interação Humano-Computador (IHC) é utilizada como suporte no estabelecimento de guias para o *Design* da ferramenta. São expostos aqui conceitos de Engenharia Cognitiva, incluindo estratégias que a serem tomadas para o incentivo da aprendizagem.

### 2.1 Ambiente Virtual de Aprendizagem

No entendimento do surgimento e crescimento dos AVAs, a história da Educação à Distância serve seu propósito. Como é possível ver na figura 3, Moore e Kearsley (2008) estabelecem cinco gerações na evolução da Educação à distância.

A história se inicia pela transmissão de conhecimento através da forma básica em texto através de correspondência. A televisão e rádio permitiram comunicação por vídeo e áudio na segunda geração. A terceira geração significou, de certa forma, a institucionalização da Educação à Distância através das Universidades Abertas. A teleconferência marca a quarta geração, alunos e instrutores podiam interagir por áudio, vídeo e computador. A quinta geração é a ultima geração na classificação, que é definida pela geração da internet.

Figura 3 – As cinco gerações de educação à distância



Fonte: (MOORE; KEARSLEY, 2008)

O surgimento da internet, no começo dos anos 90, é o início da cadeia de desenvolvimento de muitas ferramentas que aproveitassem os seus benefícios. Em meados dos anos 90, surgem *softwares* denominados Ambiente Virtual de Aprendizagem (O'LEARY; RAMSDEN, 2002). Em 1987 a universidade Jones International University (JIU) se estabeleceu: a universidade oferecia cursos à distância por televisão a cabo, mas em 1995 passou a utilizar a internet como plataforma para os cursos de EaD (MOORE; KEARSLEY, 2008).

Segundo Bravo (2012, p. 184, tradução nossa), um AVA "é uma aplicação das tecnologias de informação e comunicação projetada para facilitar a comunicação pedagógica professor-estudante em um processo de ensino-aprendizagem, que promove a auto-construção do sujeito educável"<sup>1</sup>. O autor entende que, além do *design* das características e componente do AVA, é importante o *design* da interação entre os sujeitos professor-aluno.

O termo ambiente digital de aprendizagem é uma alternativa para a nomeação de um AVA. Almeida (2003) prefere tal nomenclatura. Para além de termos e nomenclaturas, a autora concorda com Bravo (2012) quando diz que ambientes digitais de aprendizagem se trata da mediação entre professor e aluno através das TICs. A autora ainda define AVA como sistemas disponíveis na internet, e que permite a integração de múltiplos tipos de mídia.

Um AVA disponibiliza conteúdos e funciona de forma que viabilize a comunicação entre os sujeitos do processo de educação. Esta definição por Dallabona e Fari niuk (2018) conta com a noção de um AVA atuante como mediador do processo de

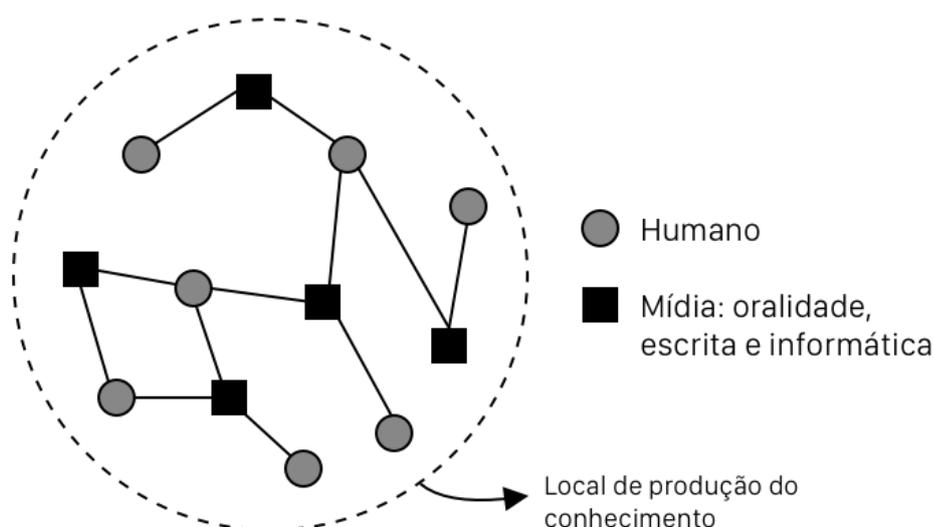
<sup>1</sup>Tradução de "es una aplicación de las tecnologías de información y comunicación diseñada para facilitar la comunicación pedagógica profesor-estudiante en un proceso de enseñanza-aprendizaje, que promueve la autoconstrucción del sujeto educable."

aprendizado. A mediação é "entendida como ação para intermediar conceitos e possibilidades, desafios evidenciados entre indivíduos e grupos de pessoas"(DALLABONA; FARINIUK, 2018, p. 38).

## 2.2 Seres-humanos-com-mídias e teoria da atividade em diálogo

A noção de S-H-C-M foi proposta por Borba (1999, apud Souto e Araújo (2013)). O conceito é uma das contribuições mais relevantes das pesquisas realizadas pelo GPIMEM. Esta noção é trabalhada como "um coletivo composto por humanos e mídias que constroem o conhecimento"(SOUTO; ARAÚJO, 2013, p. 72).

Figura 4 – O coletivo SHCM: as mídias moldam a ação humana que compõe o coletivo pensante



Fonte: Elaborado pelo autor

No entendimento de Borba, Chiari e Almeida (2018), definir conhecimento é difícil, assim como entender como ele é adquirido. No entanto, os autores apresentam a perspectiva de que o "conhecimento é produzido por humanos e diferentes mídias, como escrita, ou pelos diferentes modos de produção de texto por tecnologias de computadores"(BORBA; CHIARI; ALMEIDA, 2018, p. 272, tradução nossa)<sup>2</sup>. Ainda segundo os autores, esta ideia serve de base para o construto teórico de S-H-C-M.

A teoria da atividade tem suas origens na escola histórico-cultural da psicologia soviética, a partir dos trabalhos de Vygotsky, Leont'ev e Luria (ENGESTRÖM, 1999;

<sup>2</sup>Tradução de "knowledge is produced by humans as well as by different media, such as writing, or by the multimodal text produced by computer technologies".

SOUTO; ARAÚJO, 2013).

Souto e Araújo (2013) apontam duas gerações da teoria da atividade. A primeira geração, desenvolvida principalmente por Vygotsky, aponta uma mediação focada no indivíduo (veja a figura 1). A teoria da atividade tem base no conceito de que toda atividade humano com propósito, é uma interação triádica entre sujeito, objeto e um artefato mediador (BENYON, 2011).

Em termos de teoria da atividade, o sujeito é o indivíduo ou indivíduos que estão realizando a atividade; o artefato é qualquer ferramenta ou representação usada nessa atividade seja externa ou interna ao sujeito; e o objeto abarca tanto o propósito da atividade quanto o seu produto ou saída (BENYON, 2011, p. 384).

Por focar no indivíduo, a primeira geração dificulta a discussão se há a necessidade de inserir o coletivo humano na conversa. A limitação da primeira geração está na questão de não representar completamente a ação coletiva.

A segunda geração, com Leont'ev como principal representante, pretende superar esta limitação por distinguir a atividade coletiva da ação individual (ENGESTRÖM, 1999; SOUTO; ARAÚJO, 2013).

A inserção de artefatos culturais nas ações humanas foi revolucionária no sentido de que a unidade básica da análise superou a divisão entre o indivíduo cartesiano e a intocável estrutura social. O indivíduo não poderia mais ser entendido sem os meios culturais dele ou dela; e a sociedade não poderia mais ser entendida sem a atuação dos indivíduos que utilizam e produzem os artefatos. (ENGESTRÖM, 2001, p. 134, tradução nossa)<sup>3</sup>

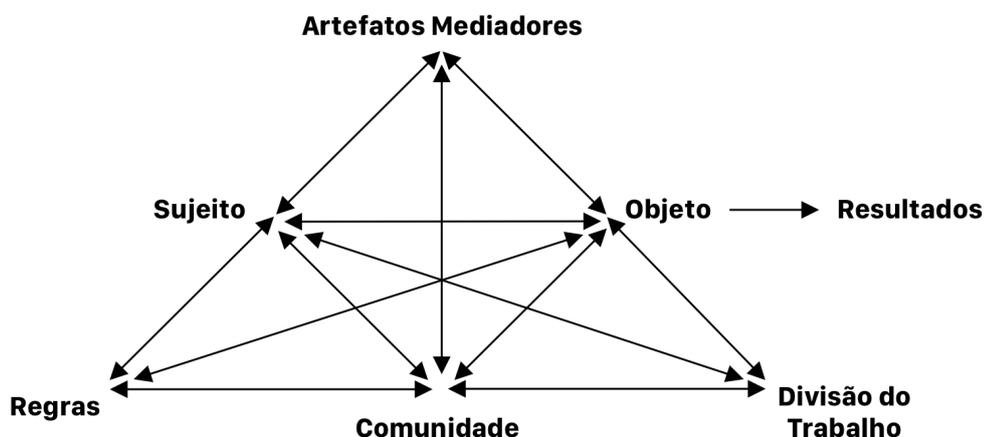
A segunda geração se traduz no sistema de atividade mais complexo que considera o aspecto colaborativo e ações coletivas. O modelo proposto por Engeström, é apresentado na figura 5. Esta nova formulação apresenta adições ao modelo original:

comunidade (todos os outros grupos com algum interesse na atividade, a divisão do trabalho (as divisões horizontais e verticais de responsabilidade e poder dentro da atividade) e a práxis [regras] (as regras e normas formais e informais que governam as relações entre os sujeitos e a comunidade mais ampla para a atividade)(BENYON, 2011, p. 384).

---

<sup>3</sup>Tradução de "The insertion of cultural artifacts into human actions was revolutionary in that the basic unit of analysis now overcame the split between the Cartesian individual and the untouchable societal structure. The individual could no longer be understood without his or her cultural means; and the society could no longer be understood without the agency of individuals who use and produce artifacts".

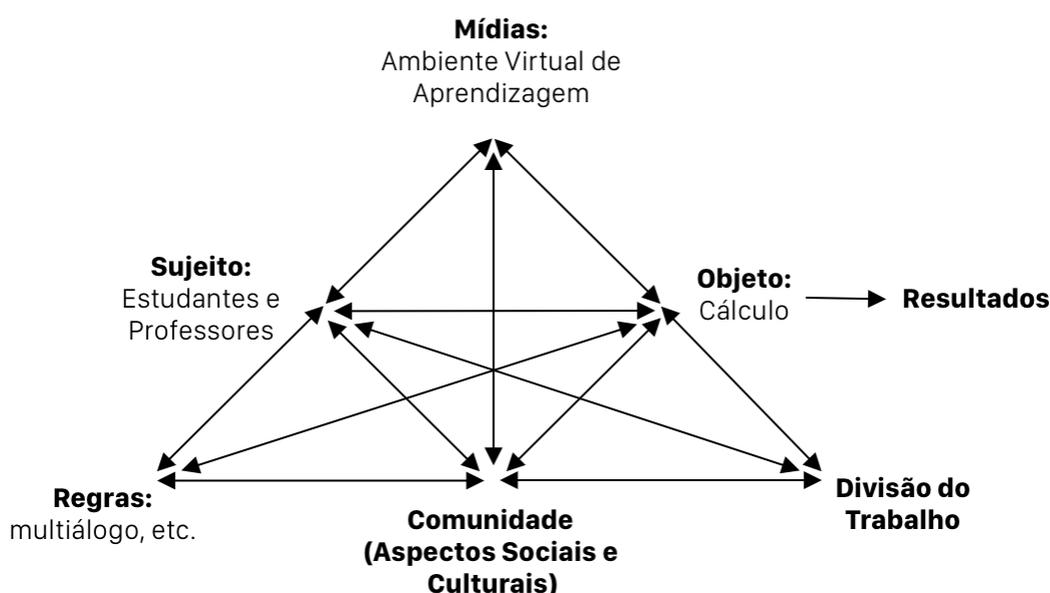
Figura 5 – Sistema de atividade expandido



Fonte: (ENGESTRÖM, 1999)

Assim como o modelo da primeira geração da teoria da atividade (figura 1) faz diálogo com o sistema S-H-C-M (na figura 2), a expansão da teoria da atividade (figura 5) da segunda geração de Engeström pode ser estendida pelo mesmo diálogo. O triângulo superior representa ação de um indivíduos e grupos imersos num sistema de atividade coletivo. A complexidade toma forma nas interações entre o indivíduo e sua comunidade (ENGESTRÖM, 2001). A relação entre sujeito e comunidade é mediada por regras, enquanto a relação entre objeto e comunidade é mediada pela divisão do trabalho, por exemplo.

Figura 6 – Um sistema de atividade e S-H-C-M em diálogo



Fonte: (SOUTO; ARAÚJO, 2013) (Adaptado)

O diálogo do sistema de atividade com o coletivo seres-humanos-com-mídia

no contexto desta pesquisa para o ensino de Cálculo através de um AVA, produz o sistema de atividade visto na figura 6.

## 2.3 Engenharia Cognitiva

Em 1986, Norman propõem o que ele considera um tipo de ciência cognitiva aplicada. Uma engenharia que tenta aplicar o que se sabe da ciência no *design* e construção de máquinas. Baseado na cognição, uma teoria única sobre como as pessoas pensam e raciocinam (BENYON, 2011), o termo surge em uma época em que computadores eram extremamente difíceis de serem utilizados. A Engenharia Cognitiva procura resolver essas questões e entender como fazer melhores escolhas, e quais escolhas são benéficas ainda que causando a piora de outro aspecto (*tradeoffs*) (NORMAN, 1986).

Norman (1986) descreve a existência de dois tipos de variáveis: uma de cunho psicológica e outra física. As variáveis psicológicas são definidas pelas intenções e objetivos de uma pessoa. A interação começa deste ponto. Estas variáveis existem apenas na mente da pessoa e se relacionam com suas necessidades e preocupações. Para então a execução dessas intenções, o sujeito deve realizar as ações manipulando objetos físicos: entram as variáveis físicas. Estas, devem ser interpretadas de forma que se alinhem com as variáveis psicológicas e traduzam a intenção psicológica em ações físicas no objeto físico.

Considere o exemplo de um controle de água em uma banheira. A pessoa quer controlar a taxa do fluxo total de água e temperatura. No entanto, água chega por dois canos: quente e frio. O sistema mais fácil de construir tem duas torneiras e dois bicos. Como resultado, o mecanismo físico controla o taxa de água quente e a taxa de água fria. Logo, as variáveis de interesse para o usuário tem relação com duas variáveis físicas: o fluxo total é a soma entre as duas variáveis físicas; a temperatura é a função das suas diferenças (ou proporção) (NORMAN, 1986, p. 33, tradução nossa) <sup>4</sup>

O exemplo acima apresenta problemas de diferentes tipos:

- Mapeamento: qual o controle de água quente e qual o controle de água fria? qual a direção se deve girar pra controlar o aumento ou diminuição do fluxo?;

---

<sup>4</sup>Tradução de "Consider the example of bathtub water control. The person wants to control rate of total water flow and temperature. But water arrives through two pipes: hot and cold. The easiest system to build has two faucets and two spouts. As a result, the physical mechanisms control rate of hot water and rate of cold water. Thus, the variables of interest to the user interact with the two physical variables: Rate of total flow is the sum of the two physical variables; temperature is a function of their difference (or ratio)".

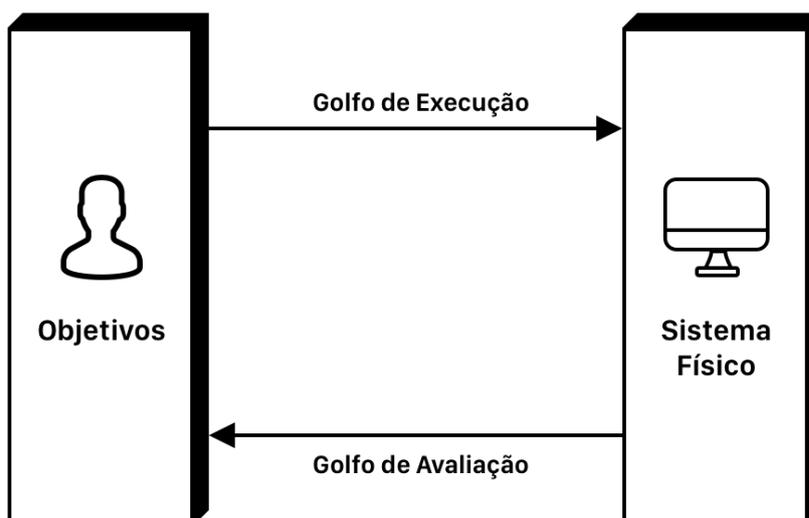
- **Facilidade de Controle:** manter a água quente e controlar o fluxo ao mesmo tempo exige a manipulação simultânea das duas torneiras;
- **Avaliação:** com dois bicos de saída, é difícil determinar se o resultado desejado foi alcançado.

A evolução na tecnologia de torneiras resolveu parte da questão. A junção dos dois bicos ajudou no problema de avaliação. Um único controle/torneira que usa uma dimensão de movimento para controlar o fluxo (cima/baixo), e outra dimensão para controle de temperatura (esquerda/direita) provem uma solução mais elegante, com melhor mapeamento.

### 2.3.1 Golfos de execução e avaliação

Para Norman (1986), existe uma necessidade da criação de ferramentas teóricas que entenda o que um usuário está fazendo. Isto implica na concepção de uma teoria da ação: uma teoria que explique e capture os diferentes estágios de atividade. No contexto do autor, o usuário interage com um sistema (computador). Enquanto os objetivos do usuário são expressos em termos relevantes pra ele, os mecanismos e estados do computador são expressos em termos relevantes para a máquina em si. Portanto, há uma discrepância entre variáveis psicológicas e físicas. As discrepâncias são representadas pelo golfo de execução e pelo golfo de avaliação.

Figura 7 – Os Golfos de Execução e Avaliação



Fonte: (NORMAN, 1986)

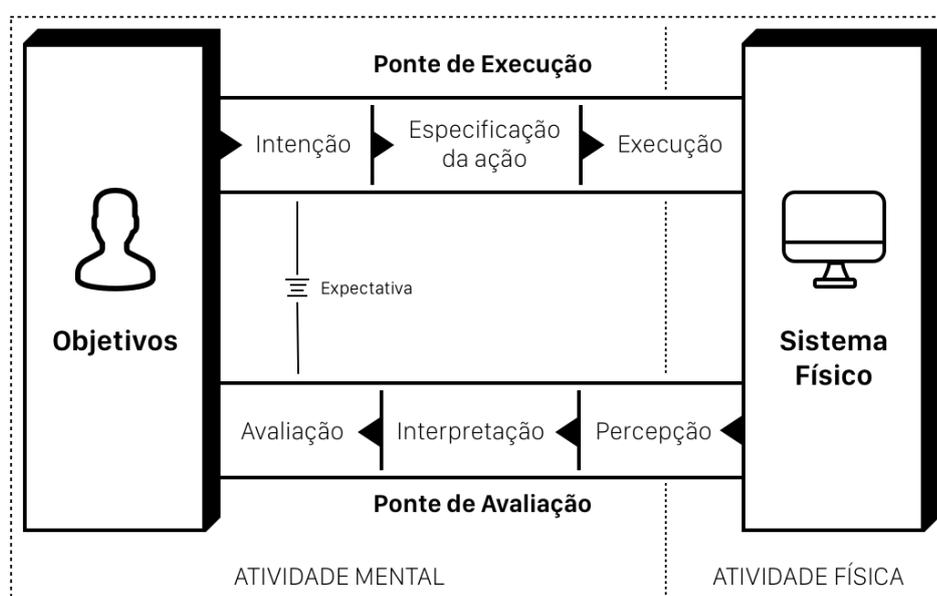
Norman (2013) descreve os golfos de execução e avaliação através de questões. Para o golfo de execução, a relação entre usuário e o sistema se dá por questões

como: Como eu faço isto funcionar? O que eu posso fazer?. Na outra direção, no golfo de avaliação, a discrepância gerada pela percepção do usuário quanto a resposta do sistema pode ser representada pelas seguintes questões: O que aconteceu? Era isso que eu queria?.

Observe (figura 7) que cada golfo é unidirecional: O Golfo de Execução parte dos objetivos até o sistema físico. O Golfo de Avaliação parte do sistema físico em direção aos objetivos. Para Norman (2013), "o papel do *designer* é ajudar pessoas a conectarem os dois golfos"(tradução nossa<sup>5</sup>).

Os golfos podem ser conectados (através de uma ponte) partindo de qualquer direção. Partindo do sistema físico, o *designer* pode construir uma ponte e ir se aproximando da pessoa (objetivos) de forma a criar uma interação mais compatível com as necessidades do usuário. O usuário pode construir uma ponte até o sistema planejando e definindo ações de forma que seus objetivos se aproximem e se alinhem à descrição do sistema (Figura 8).

Figura 8 – Conectando os golfos



Fonte: (NORMAN, 1986)

A figura 8 é a representação dos sete estágios da atividade do usuário (NORMAN, 1986; NORMAN, 2013):

- Objetivo: Estabelecimento do objetivo;
- Planejamento: Formulação da intenção/ação;

<sup>5</sup>"The role of the designer is to help people bridge the two gulfs".

- Especificação: da sequência da ação;
- Execução: da ação;
- Percepção: do estado do sistema/mundo;
- Interpretação: a percepção/sistema;
- Comparação: Avaliação do estado do sistema comparado com os objetivos e intenções.

Norman (2013) reconhece que o ciclo dos sete estágios é um modelo simplificado da real atividade humana, mas pode ser um *framework* útil e servir como guia para o *design*.

### 2.3.2 Estratégias Cognitivas para Aprendizagem

Para Netto (2010), a história da psicologia do aprendizado remonta à história da filosofia de Platão e Sócrates. Uma perspectiva baseada na alegoria do mito da caverna <sup>6</sup>, onde o conhecimento é a projeção das ideias natas do próprio indivíduo. A tábula rasa, uma outra doutrina, formulada por Aristóteles, considera o sujeito como um papel em branco.

A primeira doutrina é base do movimento cognitivista. A segunda, do comportamentalismo (ou Behaviorismo). O comportamentalismo descarta a necessidade dos estudos dos processos mentais do indivíduo, que é uma das críticas feitas a esta abordagem. Com a evolução tecnológica e novas teorias da comunicação, o estudo dos processos mentais se tornou possível. Com tais perspectivas em mente, uma mudança no enfoque de aprendizado para o cognitivismo é vista como possibilidade para um futuro próximo (NETTO, 2010).

O autor recorre a Piaget e Vygotsky, que entendem que ação do sujeito está relacionada às suas representações mentais. Por esta ótica, a representação mental, capacidade de memória e processo cognitivos são fatores determinantes da capacidade de aprendizagem que um sujeito possui. Segundo Netto (2010), a efetividade de aprendizagem é influenciada por certos fatores, que constituem estratégias de aprendizagem.

#### Fatores Emocionais

Segundo Netto (2010) o educador deve estar em harmonia com as emoções do aluno, entender e trabalhar cada uma no processo educacional. A sensação de

---

<sup>6</sup>o mundo que conhecemos não é senão a sombra projetada em uma parede da caverna da realidade pelas ideias puras que são inculcadas, ao nascer, em nossa alma"(NETTO, 2010, p. 32).

felicidade é a responsável por uma das principais alterações biológicas: ela inibe sentimentos negativos e silencia as preocupações. Esta tranquilidade relaxa o corpo e deixa a pessoa mais disposta a realizar tarefas.

Dentre a diversidade de emoções, existem momentos mais propícios de aprendizado. Um ensino que forma novas estruturas mentais e favorece a assimilação de novos conhecimento, procura causar sensações de felicidade ou, no mínimo, "respeitar momentos de tristeza ou raiva"(NETTO, 2010, p. 36).

### **Fatores Motivacionais**

Netto (2010) reforça a relação entre motivação e meta. O desejo de se aprender algo começa pelo estabelecimento de uma meta. A meta é alcançada através de perguntas que quando respondidas, se traduz em aprendizado. No processo de aprendizagem o estudante falhará algumas vezes e fará questionamentos sobre sua postura e eventualmente aprendendo.

No entanto, a motivação para aprender ou continuar tentando é "consequência das pressões internalizadas através de sentimentos de inadequação, de desafio ou de curiosidade"(NETTO, 2010, p. 37). O estímulo à motivação do estudante devem ser constantemente reforçados para concretização do conhecimento. Algumas propostas educacionais foram criadas com o objetivo de manter a motivação através da auto-orientação e eficácia pessoal como metas educacionais (BARREL, 1995 apud NETTO, 2010). Netto (2010) também aponta a relevância do aprendizado como fator motivacional, de forma que um conteúdo que se relacione com a realidade do estudante o conecta com o aprendizado.

### **Fatores Sensoriais**

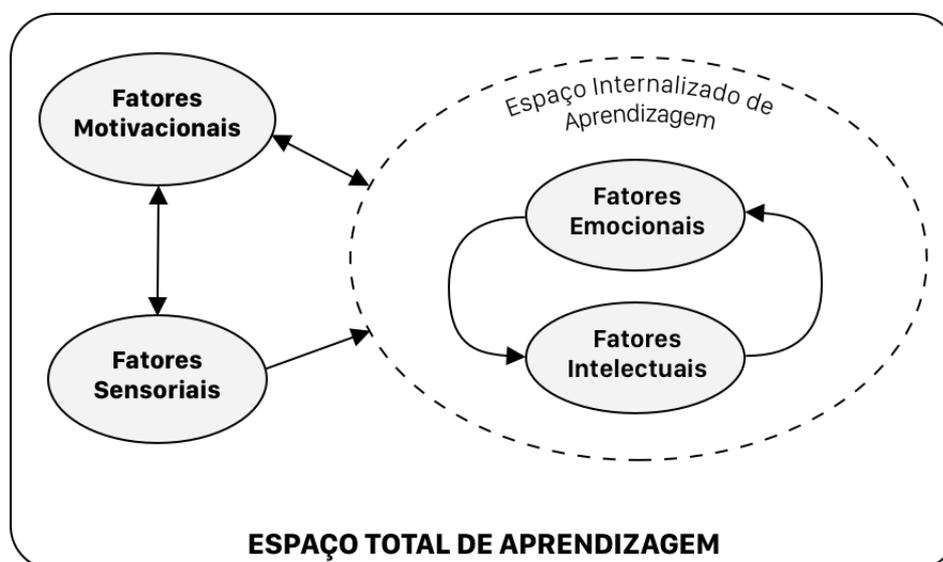
Aqui, Netto (2010) aponta para os sentidos. Os sentidos são a forma como o ser humano percebe o mundo. São parte do mecanismo para entender e representar a realidade. Cada pessoa possui seu próprio mecanismo de percepção do ambiente. Entre o professor e o aluno há uma limitação na forma em como o aluno constrói a representação de um novo conteúdo, algo que o educador deve levar em consideração.

### **Fatores Intelectuais**

Os fatores intelectuais podem ser entendidos como a análise do conhecimento através de operações mentais e relações de agrupamento: "as operações, as relações, os agrupamentos, a construção de esquemas e a estruturação"(NETTO, 2010, p. 39). A eficácia dos fatores intelectuais é dependente da coordenação mental lógico matemática que sofre influência dos outros fatores emocionais, motivacionais e

sensoriais.

Figura 9 – Interação entre os fatores no espaço de aprendizagem



Fonte: (GREENSPAN, 1999 apud NETTO, 2010)

Segundo Netto (2010) o aprendizado depende da relação entre todos esse fatores, que podem ser classificados como de ordem dual: aspectos físicos (sensoriais e intelectuais) e aspectos emotivos (motivacionais e emocionais). Os fatores exercem relacionamentos entre si e com o ambiente externo. É possível ver na figura 9 a existência de dois espaços para a aprendizagem. Um espaço é internalizado com atuação forte dos fatores emocionais e intelectuais. O segundo espaço é externalizado pois representa uma interação mais direta com o ambiente e é mediado pelos fatores motivacionais e sensoriais (GREENSPAN, 1999 apud NETTO, 2010).

## 2.4 Design Motivacional

Keller (2010) apresenta duas metáforas para descrever a motivação: a motivação pode ser como leve e instável como folhas ou forte e rígida como uma rocha. Como folhas, estudantes podem estar motivados em um momento e totalmente distraídos e desinteressados em outro. Como uma rocha, a motivação pode vir com grandes poderes e determinação, embora possa ter um aspecto negativo caso utilizada em metas destrutivas. O autor entende essa contradição de visões sobre a motivação como um impulsionador para o aprendizado da motivação humana e o aplicação desse aprendizado em um processo de design.

Para o Design, Keller (2010) interpreta como o "processo de identificar um objetivo que é frequentemente uma lacuna entre como as coisas são e como você quer

que elas sejam"<sup>7</sup>. Através de ferramentas e atividades o *designer* deve ser capaz de ajudar seu sujeito a alcançar suas metas.

Sob essa perspectiva, o Design Motivacional é sobre estimular pessoas a promoverem mudanças positivas em suas vidas e se esforçarem para mantê-las. Ele deve buscar a ligação entre o aprendizado e as metas dos estudantes e prover *feedback* para o sujeito (KELLER, 2010).

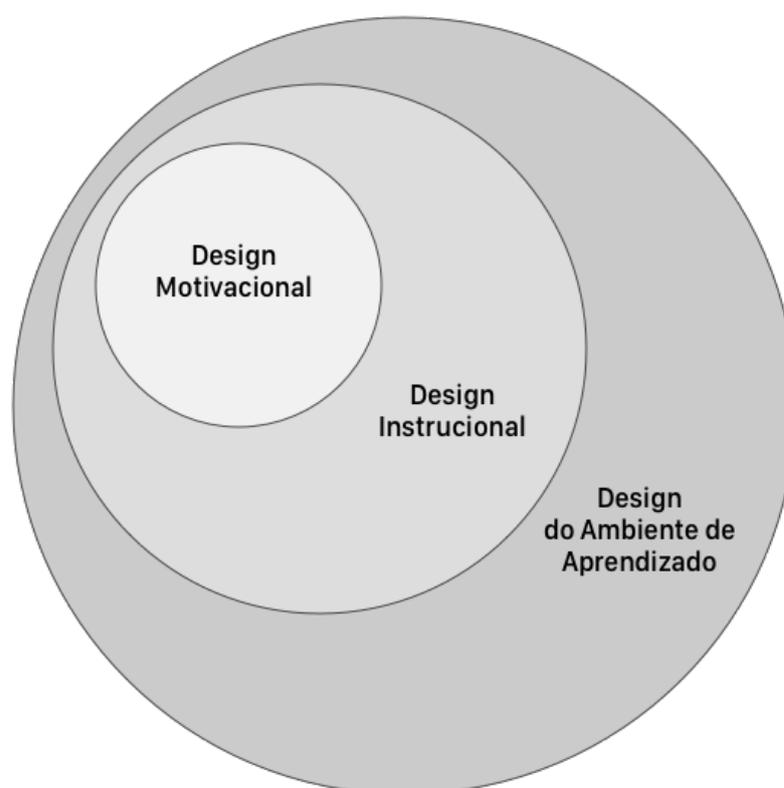
Keller (2010) menciona duas dimensões que muitas vezes se confundem na relação entre design instrucional e design motivacional: eficiência e eficácia. O Design Instrucional por si se preocupa com processo e técnicas para tornar o aprendizado eficiente e eficaz.

A eficiência se relaciona a economia no uso de recursos, ferramentas e tempo de aprendiz. Uma aprendizagem eficiente não é necessariamente eficaz. A eficácia no aprendizado inclui o Design motivacional. A motivação não é resultado apenas de uma instrução eficiente, mas de uma instrução eficaz, pois ativa o interesse do estudante. O contrário também pode acontecer: é como um criança motivada pelas figuras divertidas em um livro, mas não aprende o proposto pois a aprendizagem não é eficiente.

---

<sup>7</sup>Tradução de "a process of identifying a goal which is often based on a gap between the way things are and the way you would like for them to be".

Figura 10 – Design Motivacional como Subconjunto de Design Instrucional e Ambiente de Aprendizagem



Fonte: (KELLER, 2010, tradução nossa)

Observe na figura 10 que o Design Motivacional é parte integrante do que deve ser o Design instrucional, que por sua vez, é parte do Design do Ambiente de Aprendizagem.

Para ser eficaz, táticas motivacionais precisam prover suporte a metas instrucionais. Algumas vezes as características motivacionais podem ser divertidas, mas a menos que elas envolvam o aluno no propósito instrucional e conteúdo, elas não irão promover aprendizado (KELLER, 2010, p. 25, tradução nossa) <sup>8</sup>

## 2.5 As 10 heurísticas de usabilidade de Nilsen

Em "Engenharia de Usabilidade", Jakob Nilsen define dez heurísticas para avaliação de um interface de usuário. Essas heurísticas devem prover um guia para a determinar a usabilidade de uma interface de usuário. As dez heurísticas de Nilsen estão descritas a seguir.

---

<sup>8</sup>Tradução de "To be effective, motivational tactics have to support instructional goals. Sometimes the motivational features can be fun or even entertaining, but unless they engage the learner in the instructional purpose and content, they will not promote learning."

### 2.5.1 Diálogo natural e simples

Nielsen (1993) defende que uma interface de usuário deva ser simplificada o máximo possível. Informações extras e irrelevantes são mais um pedaço de informação que o usuário precisa lidar. Toda a informação deve ter um propósito, e deve ser exatamente o que o usuário precisa, e no momento correto. A máxima que menos é mais se aplica aqui. Informação extra diminui a velocidade de navegação do usuário.

Um bom design gráfico e o uso de cores são elementos que podem ser utilizados para atingir uma interface simplificada. Os princípios de Gestalt podem ser utilizados para entender a relação entre os objetos na tela e a melhor disposição deles na tela. Os princípios de Gestalt podem ser usados por exemplo para agrupar objetos que possuem uma relação entre si, e separar os que não possuem nenhuma conexão.

### 2.5.2 Fale a língua do usuário

A recomendação é que as terminologias do sistema estejam na linguagem do usuário. Por linguagem Nielsen se refere a língua nativa do usuário, o uso de símbolos e ícones, entre outros elementos de comunicação.

Uma forma de atingir o usuário é o uso de mapeamento e metáforas. O objetivo aqui é criar uma representação digital que seja uma referência de algo do mundo real. Mas para Nielsen (1993), metáforas devem ser utilizadas com cuidado uma vez que pode ter um efeito contrário e causar confusão nos usuários.

### 2.5.3 Redução do uso da memória do usuário

A alta capacidade de memória e precisão do computador é foco deste aspecto. A carga da memorização de uma certa informação deve ser retirado do usuário o máximo possível. O uso de menus, por exemplo, tira esta carga pois ao usuário cabe apenas reconhecer a ação desejada ao invés de procurar na memória o local exato do que ele procura.

Quando o usuário precisa entrar uma informação, demonstrar o formato esperado diminui a quantidade de coisas que o sistema exige do usuário lembrar. Por exemplo em um campo de data, dizer qual formato de dia, mês e ano é esperado no campo para que o usuário não precise recordar qual o formato correto.

### 2.5.4 Consistência

Consistência é sobre manter as informações nos mesmos lugares da tela, e comandos que executem a mesma ação sempre que chamados. Manter o mesmo formato também evita confusões e facilita o uso do sistema. Usuários se sentiram mais

confiante quando suas ações provocam ações consistentes pois o usuário sabe o que esperar.

### 2.5.5 *Feedback*

"O sistema deve informar todo o tempo sobre o que esta fazendo e como está interpretando a entrada do usuário"(NIELSEN, 1993, p.134, tradução nossa). *Feedbacks* do sistema não devem ser genéricos ou abstratos, mas diretamente relacionado e contextualizado com a ação do usuário.

*Feedbacks* podem ser negativos ou positivos. Não apenas o sistema deve informar quando um erro aconteceu, mas também reforçar uma ação positiva do usuário. Alertas podem ser utilizados para evitar que o um erro aconteça. Se possível, bloquear uma ação proibida garante um *feedback* mais limpo, sem a necessidade de alertas.

### 2.5.6 Saídas explícitas

O sistema deve indicar claramente na tela como o usuário pode escapar de um estado. Se trata dar controle ao usuário sobre suas ações. Usuários não gostam de se sentir preso no sistema. Um escape também pode ser a opção de desfazer uma ação que o usuário tenha se arrependido.

Ainda segundo Nielsen (1993), ter a opção de sair facilmente de alguma situação, deixa o usuário confiante para explorar o sistema pois ele sente que suas ações são reversíveis. As opções de saída devem estar claramente expostas na interface e não exigir comandos complicados e difíceis de memorizar.

### 2.5.7 Atalhos

O uso de atalhos faz a navegação no sistema mais rápida e fluida. Atalhos podem ser abreviações, comandos de teclado, cliques duplos com o *mouse* ou mesmo *links*. Definir valores padrões para o sistema também podem ser considerados atalhos pois são de rápida assimilação e reduzem o número de ações que o usuário precisa no realizar.

### 2.5.8 Mensagens de erro relevantes

Mensagens de erros possuem o potencial de ajudar os usuários a entenderem melhor o sistema. Por isso, essas mensagens devem apresentar uma linguagem clara e evitar o uso de códigos obscuros. Ou seja, a mensagem precisa ser reconhecida e entendida pelo usuário sem que ele tenha que recorrer a manuais.

A mensagem precisa ser precisa e informar detalhes do erro. Em uma ação de exclusão do usuário onde, por exemplo, um arquivo não é pode ser deletado, informe o nome do arquivo da mensagem de erro ao invés de apenas informar uma mensagem de erro genérica.

Uma mensagem de erro deve ajudar o usuário a resolver o problema. Se possível, deve informar ao usuário como completar a ação pretendida pelo usuário, ou oferecer alternativas. Mensagens de erro também devem ser educadas e não punir o usuário com palavras agressivas e em caixa alta.

### 2.5.9 Prevenção de erros

O sistema deve trabalhar de forma que evite ao máximo que erros ocorram. Ao invés de mostrar uma mensagem de erro, evitar que ele aconteça retira uma frustração do usuário por ter cometido um erro. Por exemplo, se um campo em um formulário quer que o usuário digite apenas números, ele deve bloquear o uso de outros caracteres. A decisão inadequada, neste caso, seria informar que o campo aceita apenas números quando o usuário tentar enviar o formulário.

### 2.5.10 Ajuda e documentação

Idealmente, um sistema deve ser implementado mantendo em mente a não necessidade de documentação. Este caso nem sempre é possível. A documentação no entanto não deve ser utilizado como uma forma de diminuir a qualidade do *design*.

Tipicamente, para Nielsen (1993), se o usuário precisa ler o manual significa que ele está com um grande problema. A maioria dos usuários não leem manuais e preferem passar seu tempo performando. Logo, uma documentação de qualidade, fácil de encontrar e curto aumenta o tempo produtivo do usuário.

## 2.6 Técnica WE-QT para avaliação de usabilidade

Em busca de atender um critério de qualidade devido demanda crescente de aplicações Web, foi criada técnica de inspeção de usabilidade *web*, a WDP (Web design perspective-based usability evaluation) (CONTE et al., 2009). Ao longo de sua concepção a WDP passou por diversas revisões e, por consequência, diversas versões.

A versão descrita aqui em questão, a WDP v5, se baseia em três perspectivas de design *web*: apresentação, conceituação e navegação. Que segundo Conte et al. (2009),

- Apresentação: relativo a consistência de como os elementos são apresentados ao usuário;
- Conceituação: clareza e concisão das regras de negócio. O usuário deve entender facilmente termos relacionados ao negócio da aplicação, por exemplo.
- Navegação: o acesso a diferentes funcionalidade dentro do sistema. Elementos relativos a exploração e navegação do ambiente.

O WDP então relaciona estas perspectivas com as dez heurísticas de Jakob Nielsen. Para cada heurística de Nilsen que se relacionava com um das perspectivas de design web, um par foi criado, como pode ser observado na tabela 1.

Tabela 1 – Heurísticas x Perspectivas da WDP v5

Perspectivas x Heurísticas			
Heurística	Relacionadas com as perspectivas de:		
	Apresentação	Conceituação	Navegação
Visibilidade do estado do sistema	A.1	C.1	
Concordância entre o sistema e o mundo real	A.2	C.2	
Controle e liberdade ao usuário			N.3
Consistência e padrões	A.4	C.4	
Prevenção de erros	A.5		N.5
Reconhecer ao invés de lembrar	A.6	C.6	
Flexibilidade e eficiência de uso	A.7		N.7
Projeto minimalista e estético	A.8		
Reconhecimento, diagnóstico e recuperação de erros	A.9	C.9	N.9
Ajuda e documentação	A.10	C.10	N.10

Fonte: (GOMES et al., 2009)

Para cada par, uma série de avaliações podem ser feitas através de dicas para encontrar falhas na usabilidade do sistema. Por relacionar perspectiva contra heurística, a avaliação pode adquirir quadro a partir de cada heurística, ou a partir de uma certa perspectiva (CONTE et al., 2009).

Com o fim de facilitar a avaliação, é criada a WDP-RT (Web Design Perspectives-based usability Evaluation - Reading Technique) que se propõe uma técnica facilitada da WDP. A WDP-RT "se baseia em um conjunto de instruções que devem ser executadas para a verificação da usabilidade da aplicação"(GOMES et al., 2009, p. 127). De uma análise detalhada das características de usabilidade de Nilsen (NIELSEN, 1993) e outros conjuntos de recomendações, uma série de recomendações e instruções foram

elaboradas. A WDP tem suas instruções agrupadas em três grupos, de acordo com as três perspectivas de *design web* (GOMES et al., 2009).

Facilitando ainda mais o processo de avaliação de usabilidade, em especial para inspetores novatos, Fernandes, Conte e Bonifácio (2012) apresenta uma nova técnica de avaliação baseada na WDP-RT, a técnica de avaliação web baseada em questões (Web Evaluation Question-Technique, ou WE-QT).

A WE-QT extrai as informações das instruções definidas pela WDP-RT e as transforma em questões. Então as perguntas formam um roteiro que direciona o inspetor a fazer as perguntas corretas de acordo com cada resposta (FERNANDES; CONTE; BONIFÁCIO, 2012). O texto completo das questões do WE-QT pode ser encontrada em anexo.

## 3 Estado da Arte

Neste capítulo, serão apresentados como a educação de Matemática e Cálculo é aplicada no contexto das TICs na literatura. Para além disto, ainda serão apresentados trabalhos com a visão e entendimento no uso da IHC (e subáreas) em ambientes virtuais.

### 3.1 A motivação na aprendizagem

Em "Motivação, aprendizagem e design como guias para a educação a distância", Mantovani, Pinto e Shigaki (2018) argumenta que algumas das estratégias utilizadas para a criação de Educação a Distância não levam em conta o processo de aprendizado e costumam ignorar a importância do Design. Os autores defendem que a motivação é um aspecto a ser considerado para manter o hábito de utilização de uma plataforma virtual, além de ser essencial para a instrução e aprendizagem. A motivação leva em conta a experiência pessoal e o inconsciente do sujeito. Nesse sentido, a motivação humano é, na maior parte, intrínseca. Ela surge do desejo interno de aprendizado.

Keller (2010) descreve um modelo para o *design* motivacional, o ARCS, criado pelo introduzido pelo autor em 1984. Segundo Keller (2010), mesmo com anos de experiência como estudantes, as pessoas tem dificuldade em entender como a motivação funciona. A falta de entendimento ou claras estratégias a serem seguidas ou como usa-las para o contexto de uma aula. Baseado em quatro categorias que permitem observar as dimensões da motivação humana, o ARCS se propõe a ser um guia para encontrar as respostas à essas questões.

A tabela 2 define cada categorias do modelo de Keller (2010). Em termos gerais, a primeira categoria *atenção*, refere-se a capacidade de estimulação e sustentação do interesse e curiosidades do estudante. "Isso é feito através de sugestões e que se mostram de modo a levar o aluno a se concentrar nos estímulos ou partes de estímulos que estão especificamente relacionados aos objetivos de aprendizagem."(KELLER, 2010, p. 45)

Tabela 2 – Categorias do modelo ARCS, Definições, e Questões do processo

Principais Categorias e definições		Questões do processo
<b>Atenção</b>	Capturando o interesse dos alunos; estimulando a curiosidade de aprender	Como posso tornar essa experiência de aprendizado estimulante e interessante?
<b>Relevância</b>	Atender às necessidades/metapessoais do aprendiz a fim de reforçar uma atitude positiva	De que maneira essa experiência de aprendizado será valiosa para meus alunos?
<b>Confiança</b>	Ajudar os alunos à acreditarem/sentirem que terão sucesso e controlarão seu sucesso	Como posso, por meio de instrução, ajudar os alunos a obterem sucesso e permitir que controlem seu sucesso?
<b>Satisfação</b>	Reforçar realizações com recompensas (interna e externa)	O que posso fazer para ajudar os alunos a se sentirem bem com sua experiência e desejo de continuarem aprendendo?

Fonte: (KELLER, 2010, p. 45, tradução nossa)

A segunda categoria, *relevância*, é sobre convencer o estudante sobre a importância do estudo pra sua vida ou área de trabalho. "Antes dos estudantes estarem motivados a aprender, eles terão que acreditar que a instrução é relacionada a importantes metas ou motivos pessoais"(KELLER, 2010, p. 45, tradução nossa)

A *confiança*, terceira categoria, diz respeito a baixa ou excessiva confiança dos estudantes e a crença sobre sua própria capacidade de sucesso. "Eles podem ter medos muito bem-estabelecidos de um tópico, habilidade, ou situação que os evitam de aprender com eficiência. No outro extremo, eles podem acreditar incorretamente que eles já tem o conhecimento e ignorarem importantes detalhes das atividades"(KELLER, 2010, p. 45, tradução nossa)

Para ultima categoria do modelo ARCS, deve existir o sentimento de satisfação pelo processo e resultados do aprendizado. Ele serve como um motivador para o contínuo desejo de aprendizagem. A satisfação pode surgir de fatores externos e fatores intrínsecos.

Fatores externos são muito familiares a nós. Eles incluem notas, oportunidades de crescimento, certificados, e outros prêmios materiais. Fatores intrínsecos, embora muitas vezes negligenciados, podem ser muito poderosos. As pessoas gostam de experimentar realizações que aumentam sentimento de auto-estima, de experimentar interações positivas com outras pessoas, ter suas visões ouvidas e respeitadas, e

de dominarem desafios que melhora seu sentimento de competência. (KELLER, 2010, p. 46, tradução nossa) <sup>1</sup>

## 3.2 Em busca de diretrizes

Nesta seção, devem ser exploradas diretrizes específicas dos principais trabalhos para construção de um AVA. Estas são regras mais concretas que devem servir de base principal para construção deste trabalho. Embora com enfoque no aprendizado do Cálculo, alguns trabalhos podem envolver diretrizes mais genéricas.

### 3.2.1 Comunicação matemática em um ambiente *online*

Notare e Behar (2009) expressam uma visão sobre a comunicação *online* matemática através de um experimento no ambiente virtual de aprendizagem ROODA. O ambiente conta com uma ferramenta para o auxílio na construção de fórmulas e equações, usado como um espaço para resolução de problemas. Na comunicação matemática,

quando as propriedades estruturais tornam-se mais complexas, sua descrição torna-se difícil de ser falada e compreendida sem a utilização de símbolos. Assim, o simbolismo apresenta-se como um simplificador e facilitador da Matemática, permitindo clareza e rapidez na resolução de problemas e expressão de ideias. (NOTARE; BEHAR, 2009, p. 2).

Para Notare e Behar (2009), a participação ativa através de um ambiente virtual exige esforço intelectual e uma certa organização do pensamento. Através de comentários e fóruns de discussões permite-se o desenvolvimento de ideias, motivando a "reflexão, interação e construção do conhecimento". A comunicação matemática *online* exige um suporte especial para a conversa. A linguagem natural não é o suficiente e adequada uma vez que a utilização de símbolos é necessária para expressar a complexidade estrutural que a matemática assume.

A resposta para o problema da comunicação matemática foi o desenvolvimento da plataforma ROODA Exata (NOTARE; BEHAR, 2009). No objetivo de ser intuitiva e transparente, a ferramenta oferece símbolos e fórmulas prontas para ser utilizadas ao clique de um botão. A resposta dos alunos ao ROODA Exata é de comprometimento e prazer no aprendizado. A maior participação levou a colaboração, facilitando o surgimento do ambiente como um espaço de construção coletiva.

---

<sup>1</sup>Tradução de "Extrinsic factors are very familiar to us. They include grades, opportunities for advancement, certificates, and other material rewards. Intrinsic factors, although often overlooked, can also be very powerful. People like to experience accomplishments that enhance their feelings of self-esteem, experience positive interactions with other people, having their views heard and respected, and from mastering challenges that enhance their feelings of competence".

O Grupo de Pesquisa em Informática, outras Mídias e Educação Matemática (GPIMEM) é responsável pela introdução da noção de seres-humanos-com-mídias (S-H-C-M) que diz que o pensamento não é exclusivo do sujeito humano, mas uma constituição de humanos e mídias produzindo conhecimento por meio de um pensamento coletivo.

As mídias são elementos mediadores entre o sujeito e o objeto de interesse. A comunicação nesse sistema S-H-C-M no contexto virtual deve-se estabelecer através de regras devido ao conceito de multiálogo, um diálogo que acontece em um *chat*, onde várias pessoas conversam ao mesmo tempo. (SOUTO; ARAÚJO, 2013).

Santos (2006) observa a desorganização que o multiálogo pode causar. Com o objetivo de expor seu trabalho, o autor relata que necessitou de organizar as amostras de conversa para o entendimento do leitor. No ambiente virtual de aprendizagem do trabalho de Santos (2006), alunos relatam dificuldades em se comunicar e sugerem um melhor direcionamento dos conteúdos discutidos com o intuito de evitar vários conteúdos discutidos ao mesmo tempo.

### 3.2.2 Ambientes virtuais e aprendizagem matemática

Através da construção de um AVA na plataforma Moodle, Abbondati (2013) explora algumas estratégias para o ensino matemático na *internet*. O autor ressalta os benefícios de uma AVA, como a promoção da autonomia do estudante, um espaço próprio do aprendiz, construído com múltiplas possibilidades de linguagem e comunicação. Tais diferentes estilos de comunicação seria capaz de promover um conteúdo mais atraente e flexível.

Em resumo, Abbondati (2013) integra no seu ambiente características como:

- lições através de diferentes mídias: texto, imagens, aplicativos, vídeos, e etc. Mídias capaz de promover diversidade de comunicação;
- *feedback*: provê reforço positivo para avançar de lição, ou negativo impedindo ir para a próxima lição;
- conteúdo reduzido: para uma leitura mais confortável. A leitura através de uma tela exige um esforço maior de leitura;
- tolerância à erros: o aluno possui um número de tentativas, com desconto de pontos a cada erro. Portanto, a punição por erro é menos severa, de forma a manter a motivação do estudante;

- sugestões: indicações de como resolver uma questão. O estudante é apresentado com sugestões de solução do problema caso não consiga resolver por conta própria;
- contexto: história e/ou aplicações reais de um conceito. A inserção de contexto a um exercício faz uma conexão da matemática com a realidade.

A criação do ambiente foi planejada centrada no estudante, tendo em mente experiências pessoais e conhecimentos passados como um ponto de partida da construção do conhecimento.

Bravo (2012) apresenta seu trabalho como resposta ao desafio enfrentado pelo ensino matemático, como o alto índice de desistência e repetência nos primeiros semestres em cursos de engenharia. No trabalho se destaca a discussão sobre o alinhamento entre o ensino tradicional de matemática e novos estilos cognitivos "fortemente impactados pela cultura digital e visual dos estudantes"(BRAVO, 2012, p. 177, tradução nossa). O trabalho objetivou um melhoramento do ensino matemático através de uma melhor qualidade dos processos cognitivos. A resposta obtida com solução foi um ambiente virtual de aprendizagem.

O autor aposta no conhecimento metacognitivo como uma forma de manter o estudante consciente do próprio aprendizado, um enfoque que muda a prática de aprendizado na sua forma tradicional. A auto-reflexão e responsabilidade pelo próprio conhecimento e pensamento facilitaria o aprendizado (BRANSFORD; BROWN; COCKING, 1999 apud BRAVO, 2012).

Bravo (2012) entende que um AVA por si só não traz benefícios ou malefícios para o aprendizado. Existe, no entanto, um potencial oferecido por um AVA em que estudantes obtêm um aprendizado mais eficaz através de boas práticas de estudo e pensamento estimulados pelo ambiente.

Para tanto, Bravo (2012) estabelece que um ambiente virtual de aprendizagem é construído com o objetivo de facilitar a comunicação pedagógica entre professor e estudante. Um AVA deve promover esse processo incentivando a autonomia do estudante. O autor recomenda as seguintes diretrizes no *design* de um AVA para educação matemática:

- Conhecimento: design de conteúdos digitais, objetos de aprendizagem sujeitos a interação com enfoque pedagógico;
- Colaboração: interação aluno com aluno, aluno com professor, e professor com professor;
- Consultoria: ajuda, *email*, *chat*, e videoconferência;

- Experimentação: simulação de práticas reais;
- Gerência: *design* de tarefas, exames, avaliação, e acompanhamento.

### 3.3 Aprendizagem colaborativa

Em "Aprendizagem de cálculo diferencial e integral por meio de tecnologias de informação e comunicação", Domenico (2006) apresenta um distanciamento entre o passado e futuro. Esse distanciamento se reside na mudança de realidade em como os atuais jovens estudantes aprendem e se comunicam: A escola não é mais a principal fonte de informação. O autor identifica uma necessidade de mudança se justificando no alto índice de evasão do estudantes em cursos de ensino superior com matemática na grande curricular.

A realidade dos tempos atuais exige certa fluidez e dinamicidade, pois tudo muda constantemente (DOMENICO, 2006). Para uma sociedade cada vez mais conectada, fluída e dinâmica, exige-se "um profissional dotado de múltiplas competências técnicas, habilitado para o trabalho em equipe e capacitado a adaptar-se a novas situações"(DOMENICO, 2006).

Para sobreviver na sociedade e integrar-se ao mercado de trabalho no século XXI, esse profissional precisa desenvolver uma série de capacidades: autogestão (capacidade de organizar seu próprio trabalho), resolução de problemas, adaptabilidade diante de novas tarefas, agilidade em assumir responsabilidades, saber trabalhar em grupo, ter conhecimento de uma especialidade, ser capaz de tomar decisão e aprender por si próprio. (DOMENICO, 2006, p. 8)

O autor assume a importância da colaboração, alinhada à tecnologia, como um elemento essencial para a aprendizagem. Para tanto, é apresentada a ferramenta "Eureka", que se apresenta como solução para um aprendizado colaborativo. A plataforma funciona através de módulos para fins de aprendizado e fins administrativos.

Os principais módulos de colaboração do Eureka permitem a comunicação entre os usuários através de *chat*, correio eletrônico e fóruns. O professor tem a oportunidade de disponibilizar conteúdos especiais para cada disciplina ensinada. Entre outros módulos, o estudante tem acesso ao cronograma de ensino e estatísticas a respeito do seu desempenho.

O trabalho de Domenico (2006) chega a uma conclusão positiva em relação ao uso de tecnologia. Uma vez que a maioria dos estudantes passa a maior parte do tempo em contato com tecnologia, é proveitoso usá-la de modo educativo.

Existe um consenso entre os autores Domenico (2006), Abbondati (2013) e Bravo (2012) quanto a algumas diretrizes essenciais para um ambiente virtual. Em

especial, quando se trata de aprendizagem colaborativa, os autores enxergam um potencial no uso de um ambiente dedicado, em que a própria tecnologia revoluciona a forma de comunicação. As possibilidades são capazes de eliminar as limitações antes impostas pelo modelo físico de ensino. O computador é capaz de oferecer simulações e perspectivas diferentes no ensino, um fator de peso no ensino matemático.

## 4 Materiais e Método

Segundo classificação de Marconi (2010), esta pesquisa é exploratória, pois objetiva aumentar a familiaridade do pesquisador com o tema. Quanto a abordagem do problema, classifica-se como qualitativa que tem base nos trabalhos vistos na seção de revisão bibliográfica (cápítulo 3).

Quanto aos métodos, os procedimentos são descritos a seguir:

1. Exploração de estratégias e características que facilitem o aprendizado do Cálculo em um ambiente virtual através da revisão de literatura;
2. Planejamento e arquitetura
3. Desenho das interfaces (*Mockups*) do ambiente;
4. Estudo do planejamento e métodos de avaliação de IHC;
5. Pesquisa das tecnologias mais adequadas para implementação do sistema, de forma que o software deverá ser de código livre e aberto;
6. Prototipação do Ambiente Virtual de Aprendizagem;

Para a criação das interfaces, será utilizado o aplicativo *SketchApp*.

## 5 Desenvolvimento

Neste capítulo serão descritos os passos da criação das interfaces do sistema proposto. O Ambiente Virtual de Aprendizagem com o foco em Cálculo/Matemática tem seu desenvolvimento sustentado pelo referencial teórico descrito no capítulo 3, uma reunião de diretrizes e características recomendadas à criação de um ambiente virtual.

### 5.1 Um catálogo de diretrizes

Na preparação para o desenho das interfaces, foi necessário um entendimento das diretrizes recomendadas por diversos autores. Muitas dessas diretrizes possuem elementos em comum. O capítulo 3 do Estado da Arte, é um agrupamento dessas diretrizes que servirão de grandes grupos-guia para a plataforma do AVA. As características presentes no Estado da Arte devem então, se refletir no design da plataforma.

#### 5.1.1 O modelo ARCS

O primeiro dos aspectos apontados por Keller (2010) no modelo ARCS, a "Atenção", diz que a atenção bem exercida deve estimular a curiosidade do estudante. O autor atenta que a responsabilidade na manutenção da atenção do aprendiz com o conteúdo não é apenas do aprendiz, mas também do educador. Com base nos três principais agrupamentos de atividades para capturar atenção do estudante, a plataforma deve: ser capaz de prover mudanças e surpresas para causar um estímulo que ative um nível de curiosidade; em seguida, prover um problema que somente possa ser resolvido através da busca de um conhecimento ou um estado constante de questionamento; e finalmente, a variação das atividades evita um ambiente monótono, uma vez que com o tempo as pessoas se adaptam/acostumam e passam a absorver menos do conteúdo.

Bravo (2012) fala sobre experimentação com os conceitos das lições. Seja pela integração de objetos de aprendizagem na plataforma, seja por um exercício mental, a experimentação pode exercitar a atenção do aluno. Neste ponto, a plataforma proposta propõe a facilitação da integração de objetos de aprendizagem. O professor ou professora poderá integrar objetos na própria plataforma ou realizar um *link* com conteúdos externos. Abbondati (2013) também sugere a contextualização do conteúdo para conectar e prender a atenção do aluno no conteúdo.

A contextualização também é aplicável quando se trata em aplicar o segundo

aspecto do modelo ARCS de Keller (2010). O aspecto da "Relevância" diz respeito ao relacionamento do aprendiz com as próprias experiências do aprendiz. Neste sentido, a relevância estaria diretamente ligada com uma sensação de ganho e a utilidade e vantagem no aprendizado para algum ganho futuro. Através de um conteúdo "orientado por metas", Keller (2010) afirma que o estudante se mantém mais motivado quando percebe que tal aprendizado o ajudará a atingir alguma meta.

A confiança no modelo ARCS, se refere a capacidade do estudante de confiar na sua habilidade de completar uma certa tarefa. Uma das formas de atingir este aspecto é criar uma progressão linear do conteúdo e intercalar conteúdos mais complexos com conteúdos mais simples. Este modelo de intercalação também pode se aplicar a exercícios. O constante *feedback* corretivo permite ao aprendiz visualizar seu erro de imediato e corrigi-lo sem causar grandes impactos na sua confiança.

Alunos se sentem satisfeitos ao conseguir completar uma tarefa, especialmente uma em que tiveram dificuldades de completar anteriormente. Uma das estratégias de Keller (2010) é promover a satisfação por consequências naturais promovendo oportunidade relevante do aluno utilizar o conhecimento recentemente adquirido. Em termos de plataforma a liberação de conteúdo mediante completude de tarefas propõe-se como uma forma de garantir esta oportunidade. Incentivos em formas de prêmios e distintivos poderão ser dados a estudantes por se esforçar a completar uma tarefa relacionada ao conteúdo recente.

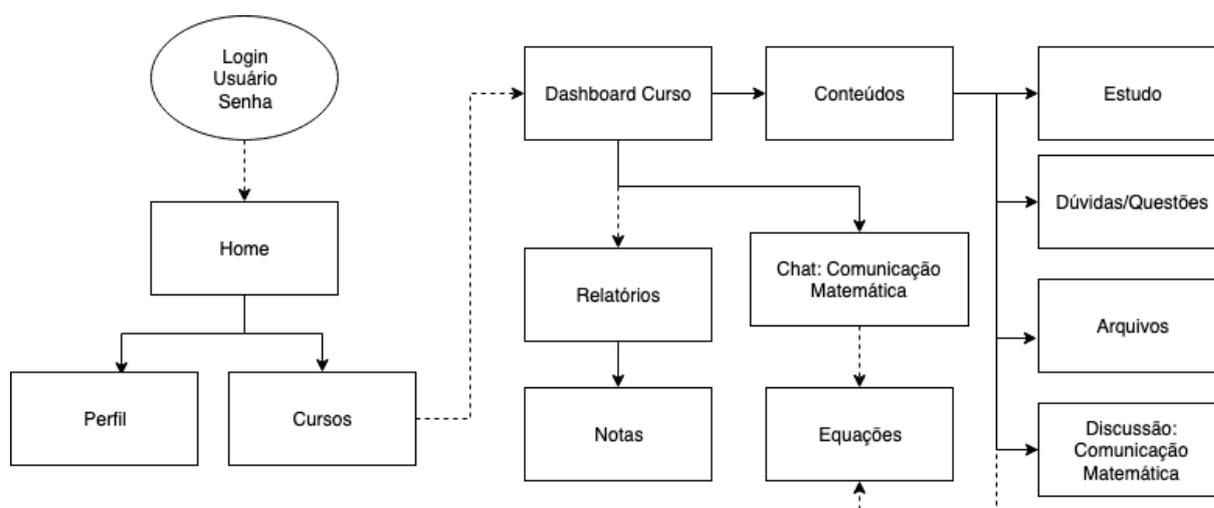
O uso de medalhas e distintivos virtuais reforça a estratégia de Keller (2010) no objetivo de gerar consequências positivas. Alguma espécie de reconhecimento poderá ser integrada na plataforma com o fim de gerar consequências positivas no estudante. Neste sentido, a plataforma, por ser um ambiente neutro, endossa a garantia de equidade. Para Keller (2010), pessoas tendem a se comparar umas com as outras. Se uma pessoa se compara a alguém que possui mais prêmios, ela tende a se sentir desmotivada. Por isso, é preciso alinhar as expectativas de cada estudante e apresentar o mecanismo de funcionamento da plataforma.

## 5.2 A arquitetura do AVA

As atividades para o desenvolvimento da arquitetura do ambiente virtual são: descrição das funcionalidades, desenho das interfaces e levantamento das tecnologias utilizadas.

Para a descrição das funcionalidades, dois fluxogramas foram desenvolvidos a fim de descrever as funcionalidades relativas ao educador e ao aprendiz.

Figura 11 – Fluxo de funcionalidade do aprendiz



Fonte: Elaborado pelo autor através da ferramenta draw.io

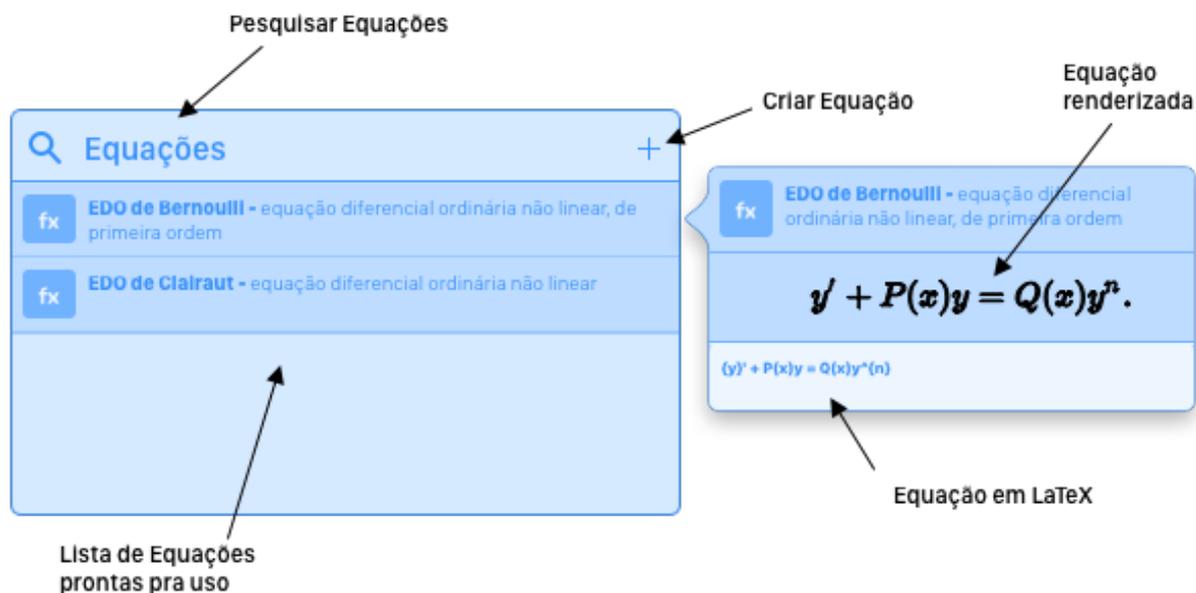
O aprendiz ou estudante, através do *login* e seleção de um curso, tem acesso a uma interface central que o conecta com todas as informações necessárias e imediatas para o estudo do curso em questão. A centralização dos estudos em uma única tela propõem um rápido acesso as funcionalidade mais importantes para um ambiente de estudo. A figura 11 mostra essa divisão através do uso de linhas pontilhadas. O uso de linhas pontilhadas indica a chamada de um ambiente ou contexto diferente.

As seções *chat* e discussão possuem características especiais por terem suporte à comunicação matemática. Isto é, permite o uso de uma linguagem matemática que se traduz visualmente. Para esta comunicação, a ferramenta de criação e edição de equações do LaTeX (Lamport TeX) foi integrada ao AVA para permissão de uma comunicação matemática mais fluída. O "LaTeX é um sistema de composição de alta qualidade; inclui recursos projetados para a produção documentos científicos e técnicos"(PROJECT, 2019, tradução nossa) <sup>1</sup>

As vantagens incluem em especial a visualização digital imediata do conteúdo matemático da forma como é visualizada tradicionalmente na forma escrita.

<sup>1</sup>Tradução de "LaTeX is a high-quality typesetting system; it includes features designed for the production of technical and scientific documentation".

Figura 12 – Esboço das Equações: comunicação matemática

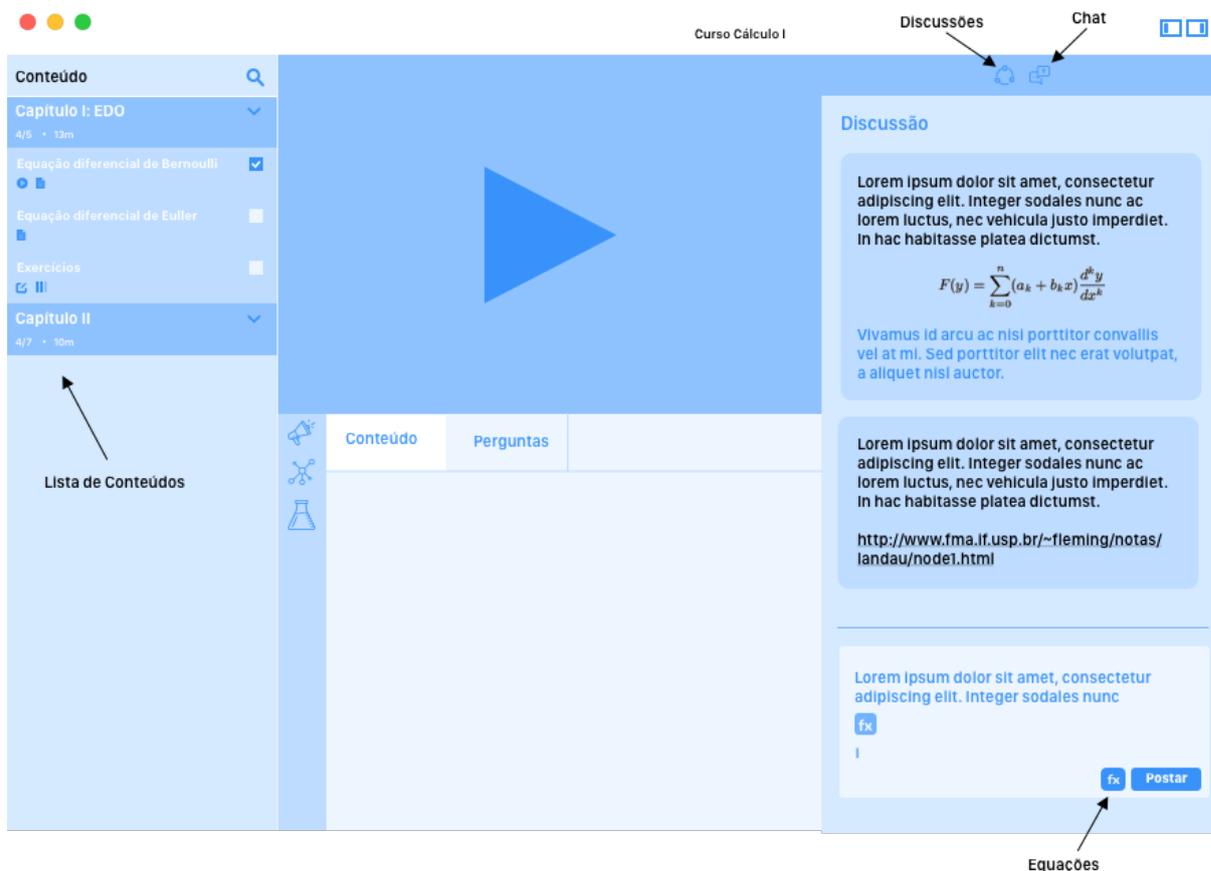


Fonte: Elaborado pelo autor através do programa Sketch

Observa-se na figura 12 o esboço da tela de equações para comunicação matemática. Através do chat é possível acessar o menu de equações com diversas fórmulas prontas e disponíveis para serem utilizadas/personalizadas pelo estudante. Ao aprender, também existe a possibilidade de criar suas próprias fórmulas e equações. Ao selecionar a equação, um formato textual é inserido na caixa de texto do *chat*. No envio da mensagem, a equação presente no texto é renderizada em uma imagem.

A figura 13 mostra a tela de acesso a um curso. Nesta tela o usuário terá acesso à maior parte das funcionalidades relativas ao curso. No lado esquerdo da tela, o usuário tem acesso a todos os conteúdos do curso divididos por capítulos. Cada capítulo contém fragmentos de conteúdo. Um fragmento é a menor parte de um conteúdo e vários são utilizados para compor um capítulo. O fragmento pode ser um conteúdo textual e/ou vídeo ou um exercício relacionado ao conteúdo daquele capítulo. O estudante possui a opção de manter o controle de cada fragmento estudado marcando o *input* de *checkbox* para indicar que o conteúdo foi ou não visto.

Figura 13 – Tela principal

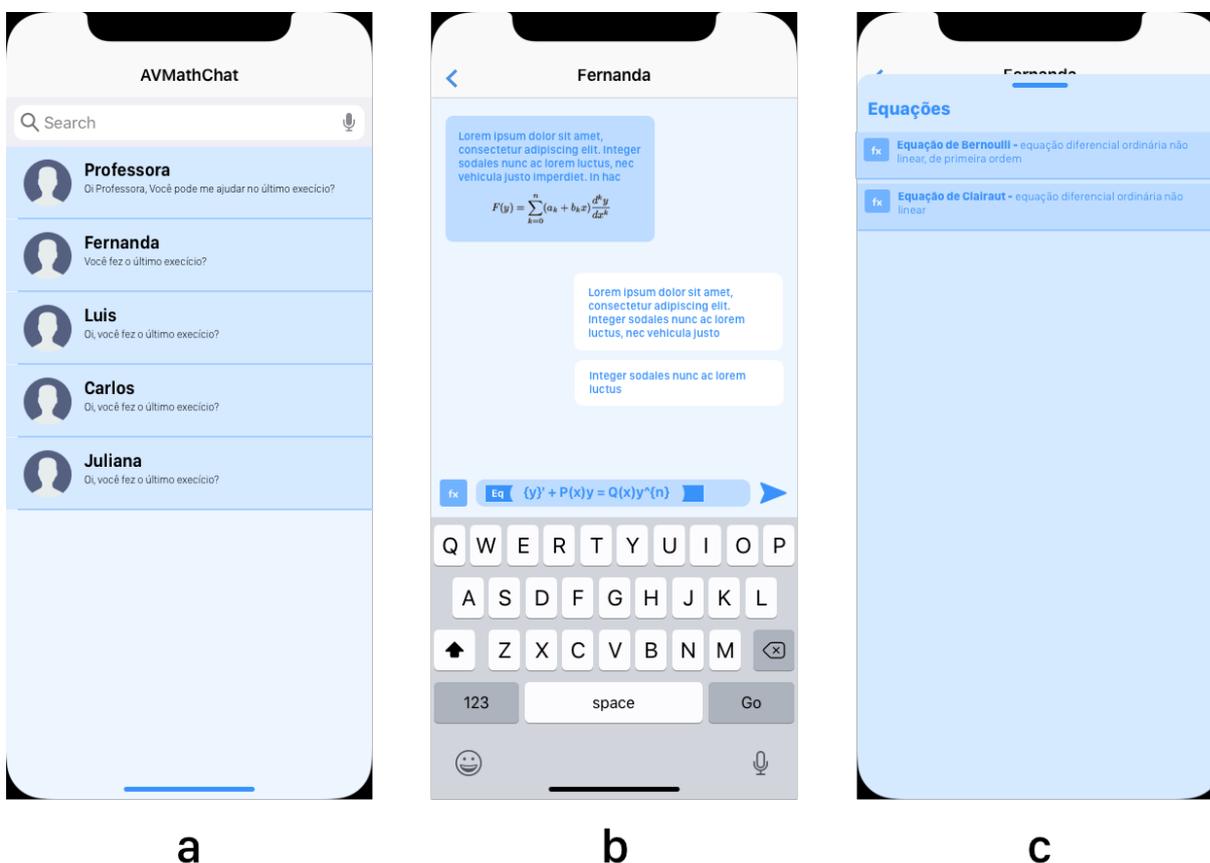


Fonte: Elaborado pelo autor através da ferramenta Sketch

A área central é todo conteúdo a ser estudado: composto por um vídeo no topo, e o conteúdo na parte inferior da tela. Algumas funcionalidades são integradas ao AVA como forma de complementar o aprendizado. Outros recursos, como perguntas, permite uma interação mais uma centralização das dúvidas dos alunos.

Para posteriormente facilitar a comunicação, o planejamento inclui uma versão *mobile* da ferramenta de chat, também integrando uma biblioteca de equações que pode ser incrementada pelo usuário ao adicionar mais equações. O aplicativo *mobile* permitiria apenas a funcionalidade de chat, como é possível observar na figura 14.

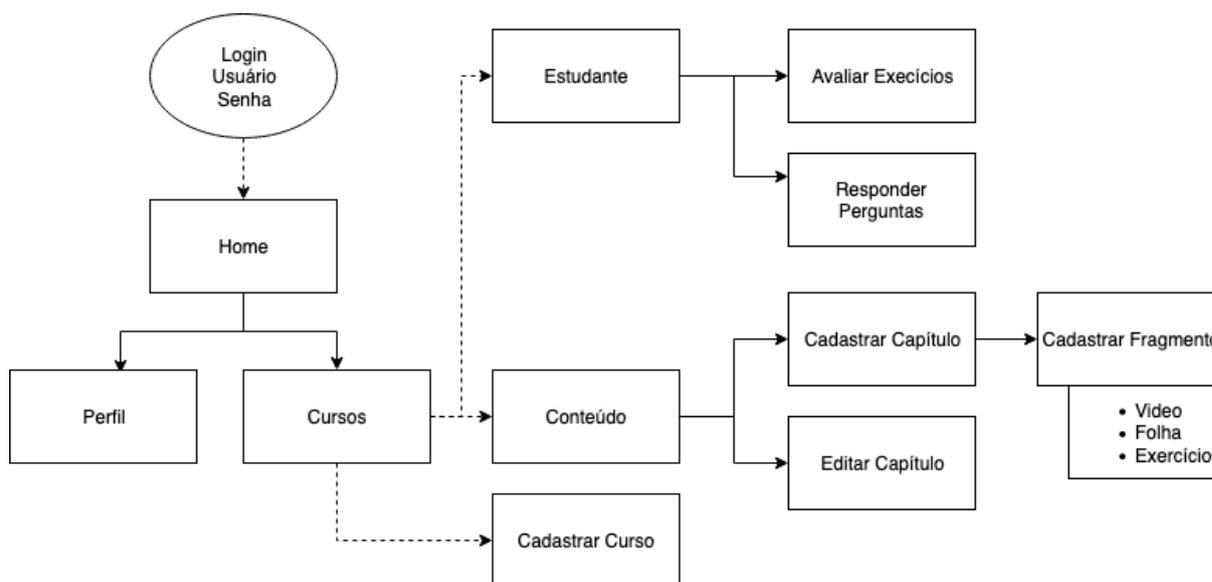
Figura 14 – *Chat mobile*. a: Lista de usuários/estudantes disponíveis para conversa. b: Tela de conversa com equação pronta para ser enviada na caixa de texto. c: Biblioteca de equações



Fonte: Elaborado pelo autor através da ferramenta Sketch

A responsabilidade do professor na plataforma é na gerência do conteúdo, que de acordo com Bravo (2012), consiste no *design* das tarefas e exercícios. A plataforma fomenta o uso de atividades que possam promover um aprendizado que atenda as diretrizes propostas, como a aplicação de contexto de Abbondati (2013), o uso de experimentação como recurso segundo recomendação de Bravo (2012). O papel do professor então é a busca e cadastro deste conteúdo na plataforma. Além do cadastro, é responsabilidade do professor manter o conteúdo atualizado e realizar correções necessárias através da ferramenta de edição de fragmento. Cada fragmento pode ser ativado ou desativado pelo professor conforme necessidade.

Figura 15 – Fluxo de funcionalidade do professor



Fonte: Elaborado pelo autor através da ferramenta draw.io

Como apontado na figura 15, ao professor, cabe a avaliação dos exercícios, resposta de dúvidas e anseios dos estudantes. O professor também poderá engajar em discussões do conteúdo promovidas pelos estudantes. O sistema de *chat* permite ao professor participação ativa nas discussões promovidas pelos estudantes em um fragmento. Poderão ser trocadas também mensagens individuais entre estudantes e professores para um questão específica.

Quanto as tecnologias adotadas, a tabela 3 mostra as ferramentas utilizadas para cada tipo de tecnologia desde a prototipação até o desenvolvimento do protótipo.

Tabela 3 – Tecnologias e Ferramentas

Tecnologia	Ferramenta
Sistema Operacional Desktop	MacOS Mojave 10.14.6
Mockup/Prototipação	Sketch 52.61
Linguagem de Programação	Swift 5
Ambiente de Desenvolvimento	XCode 11.0

Fonte: Elaborado pelo autor

### 5.3 Prototipação

Nesta seção será descrita a prototipação do ambiente virtual de aprendizagem. Ela será a tradução dos desenhos de interface através de um MVP (Mínimo produto Viável). Segundo Reis (2011), o Mínimo Produto Viável é uma versão do produto que

é construída com o mínimo de esforço e tempo de desenvolvimento. O MVP propõe completar o ciclo de construção, medição e aprendizagem gastando pouco tempo.

Foi construído um MVP do AVA com o propósito de rapidamente iterar e testar a usabilidade e interface do sistema com pouco esforço devido ao tempo restrito e objetividade deste estudo.

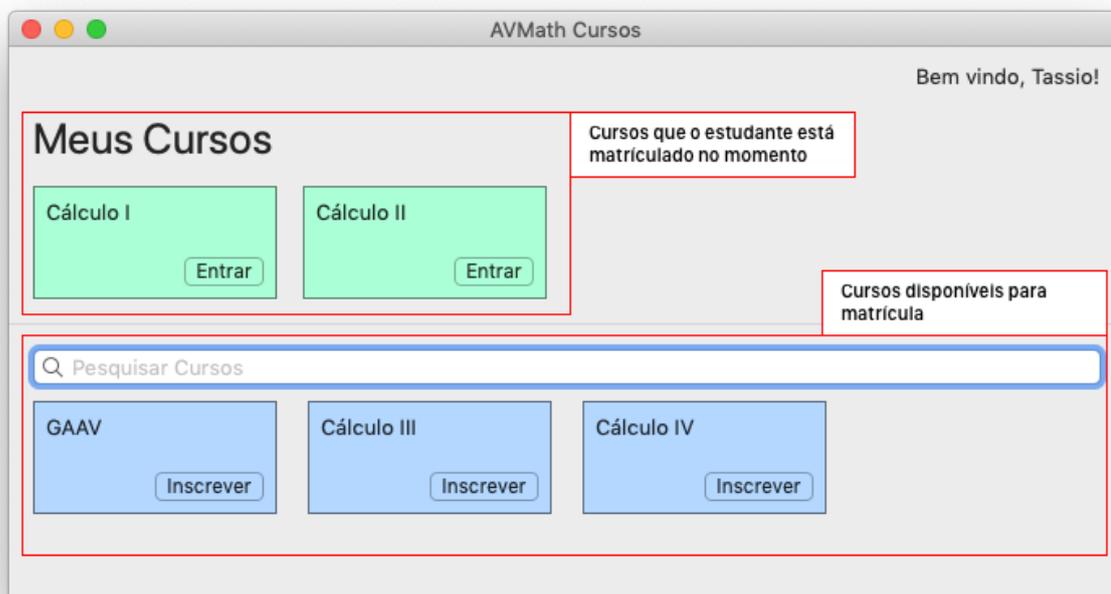
O MVP é a prototipação da interface básica e funcionalmente limitada do fluxo de usuário. Embora o professor seja parte importante no processo de ensino-aprendizagem, o foco foi dado no entendimento em como se dá o uso da plataforma pelo estudante na intenção de avaliar essa interação.

Ao protótipo, foi dado o nome "AVMath" devido ao foco matemático dado à plataforma. Em relação as funcionalidades implementadas no protótipo, as seguintes estão presentes no MVP: Acesso ao curso; Listagem de conteúdo; capítulos e fragmentos; visualização de vídeo; aba de estudo, perguntas e arquivos; Sessão de discussão de conteúdo com comunicação matemática; Sessão de chat com comunicação matemática; e biblioteca de equações.

### 5.3.1 Telas do sistema

Em seguida, são apresentadas telas do fluxo de estudante, que demonstram as principais funcionalidade que o usuário pode performar no sistema. Ao iniciar no sistema, assumindo o login do usuário já realizado, o estudante tem acesso a tela de cursos.

Figura 16 – AVMath: Cursos matriculados e seleção de cursos



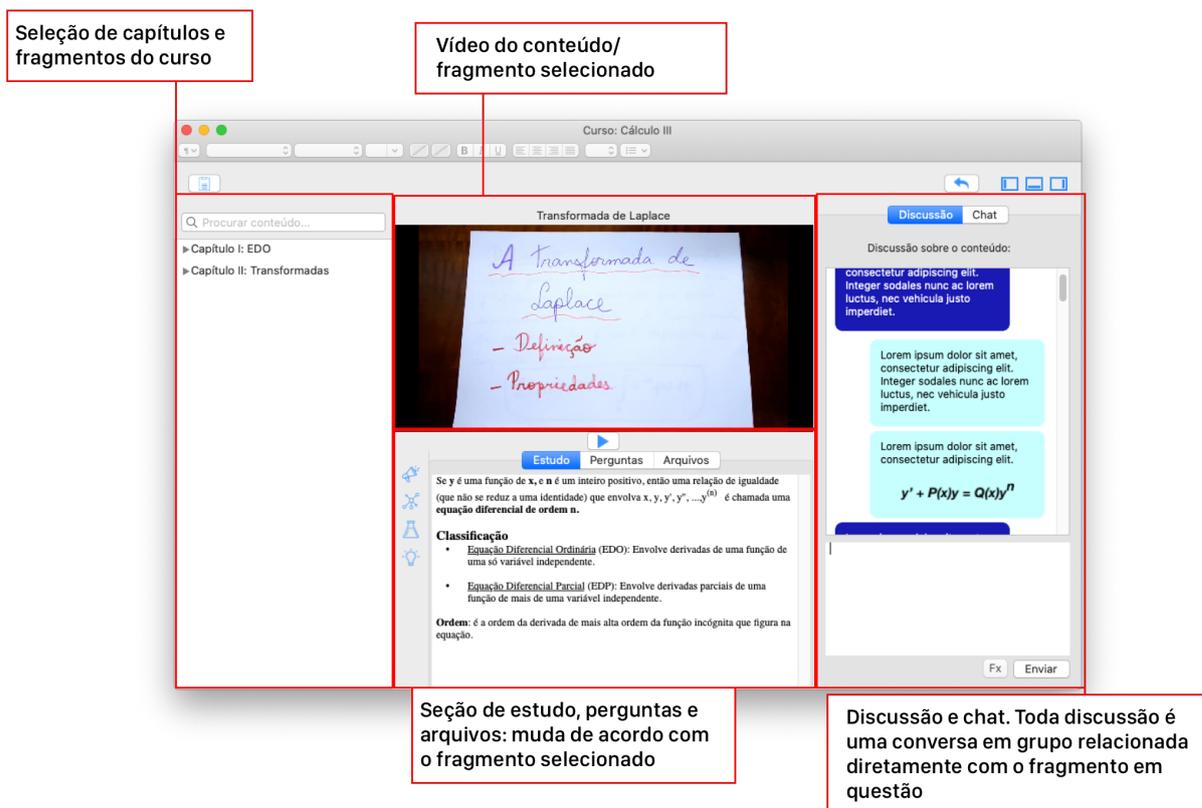
Fonte: Elaborado pelo autor

Como pode ser observado na figura 16, a tela de cursos é separada em duas seções: a primeira indica quais cursos o estudante está matriculado no momento, e oferece acesso à tela daquele curso; a segunda seção indica cursos disponíveis para matrícula do estudante e conta com uma barra de busca de cursos.

Acessando o curso, o aluno acessa uma área central onde se concentram todo conteúdo relacionado ao curso em questão. A figura 17 mostra a tela principal do curso na versão do protótipo. À esquerda, a visualização dos capítulos e fragmentos que o compõe, onde o estudante pode manter o controle das suas tarefas.

Ainda na figura 17, a área do centro mostra o vídeo do fragmento, e área de estudos na parte inferior. A área de estudo é um editor de texto em RTF (Rich Text Format), que permite textos mais ricos, além da inclusão de imagens e equações através da ferramenta de comunicação matemática, as equações do LaTeX. A área de perguntas permite que o estudante envie ao professor, perguntas diretamente relacionadas ao conteúdo e estão disponíveis para qualquer estudante matriculado no curso de forma a manter uma referência de perguntas e respostas comuns para qualquer estudante interessado. E por fim, a área de arquivos que permite o acesso a conteúdos extras disponibilizados pelo professor.

Figura 17 – AVMath: Tela do curso



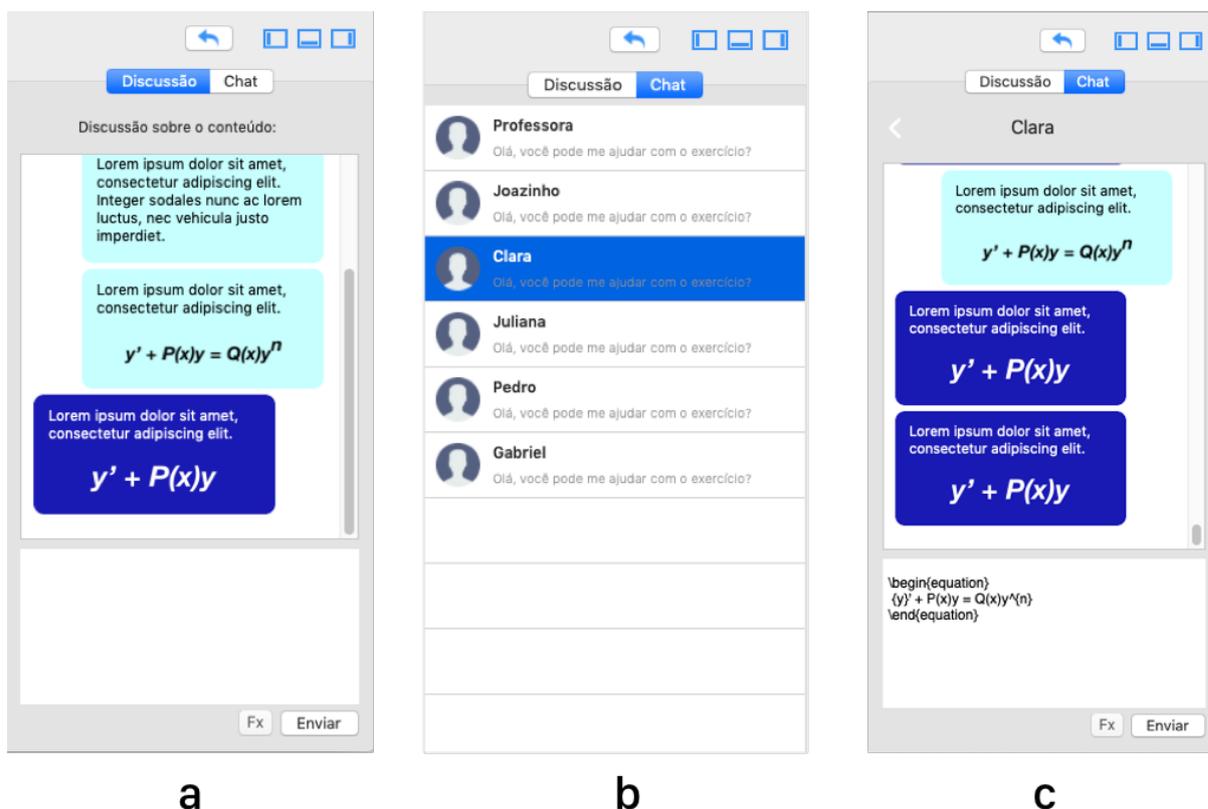
Fonte: Elaborado pelo autor

## Comunicação matemática

A comunicação matemática, um dos grandes focos dessa plataforma está implementado nas próprias ferramentas de comunicação do AVA. Essa integração é possível graças ao LaTeX, que permite renderizar a escrita de matemática online em um formato mais legível. As duas ferramentas do AVA que implementam as equações do LaTeX mais ativamente são as ferramentas de discussão e o chat, que permite comunicação individual.

A figura 18 (a), mostra a seção de discussão, que está diretamente relacionada ao conteúdo/fragmento atual selecionado pelo estudante. A figura 18 (b) é a parte a seção de *chat* que permite que o usuário selecione um usuário para conversar em privado. A figura 18 (c) é o chat privado com outro usuário da plataforma. Como mencionado anteriormente, ambas seções de discussão e *chat* privado, suportam a comunicação matemática através do LaTeX.

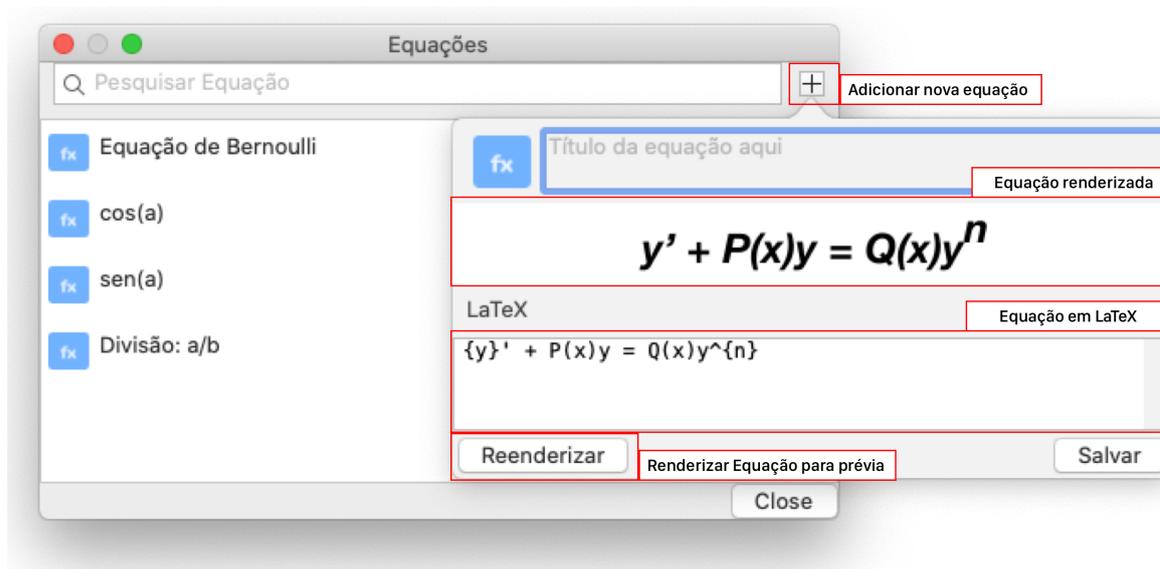
Figura 18 – AVMath: Screenshots parciais das telas de discussão e chat



Fonte: Elaborado pelo autor

O AVMath permite a inserção direta de equações no campo de texto ou através da seleção de uma equação salva na biblioteca de equações. A inserção direta de equações é realizada através de uma *tag* especial do LaTeX responsável por identificar a intenção do uso de uma equação. Ao utilizar a *tag*, o sistema é capaz de renderizá-la em uma imagem quando enviada através do *chat*.

Figura 19 – AVMath: Biblioteca de equações



Fonte: Elaborado pelo autor

A biblioteca de equações compõe uma seleção de fórmulas/equações de uso comuns ou cadastrada pelo professor. Ao aluno, é permitido o cadastro de suas próprias equações e assim, compor sua própria biblioteca. A biblioteca do aluno, no entanto, é pessoal. Ao selecionar uma equação da biblioteca, o *template* da equação pode ser visto na caixa de texto dentro da *tag* de equação. A partir daí, o usuário tem a opção de editar a equação ou enviar da forma padrão.

A figura 19 mostra a tela da biblioteca de equações no modo de criação. O usuário possui a opção de escolher uma equação a partir da biblioteca, ou criar uma nova equação. No modo de criação, o usuário define o título da equação e possui um modo de edição para definir o formato da equação em LaTeX. A equação é passível de renderização em imagem através do LaTeX.

## 6 Resultados e Análise

A análise dos resultados deste estudo envolve a aplicação da técnica WE-QT ao protótipo construído para avaliação da usabilidade, através das heurísticas de Nielsen. Em segunda instância, um juízo da relação entre as diretrizes levantadas e suas aplicações no protótipo.

### 6.1 Avaliação de usabilidade: técnica WE-QT

Para a avaliação de usabilidade do protótipo do AVA, foi utilizada a técnica WE-QT. Como descrito no capítulo 2, a WE-QT é uma técnica baseada no WDP-RT que é uma série de instruções a serem seguidas para a avaliação. A WE-QT é um mapeamento destas instruções em perguntas guiadas, facilitando assim o processo de avaliação de usabilidade (FERNANDES; CONTE; BONIFÁCIO, 2012). A técnica WE-QT oferece a vantagem de ser possível roteirizar a avaliação de usabilidade.

Utilizando a técnicas de avaliação de WE-QT, foi realizada a avaliação do AVA. Como a aplicação possui várias telas com diferentes funcionalidades, foi preciso dividir a aplicação em grupos/funcionalidades para realização da avaliação. As quatro principais sessões identificadas foram: tela inicial (pesquisa de curso), tela do curso, *chat* e biblioteca de equações.

Uma planilha foi montada com todas as perguntas da técnica WE-QT (ver anexo). Então, para cada grupo de tela foi iniciada e respondida uma planilha em branco. O objetivo através da aplicação da técnica foi identificar pontos de falha na interface do sistema. Através do resultado percebeu-se que a técnica é eficaz na identificação de falhas na usabilidade e especialmente eficiente para inspetores novatos.

Por ser uma implementação de protótipo simples, alguns aspectos de avaliação não foram abordados. Neste sentido, uma avaliação mais precisa é possível com o avanço de desenvolvimento da plataforma. Em especial, a avaliação de mensagens de erros que requer uma implementação mais funcional, que não foi o objetivo deste protótipo.

A técnica identificou algumas falhas de navegação. Entre elas, a principal é a falta de indicação de como navegar da página inicial (pesquisa de cursos) para a tela anterior. A tela anterior para referência é a tela de login. A página não possui indicação clara de como o usuário poderia sair da área logada e entrar com um novo usuário.

Também marcante no resultado da aplicação da técnica foi a indicação de falta de clareza nas informações da tela. Por exemplo, o simbolismo de ícones não dei-

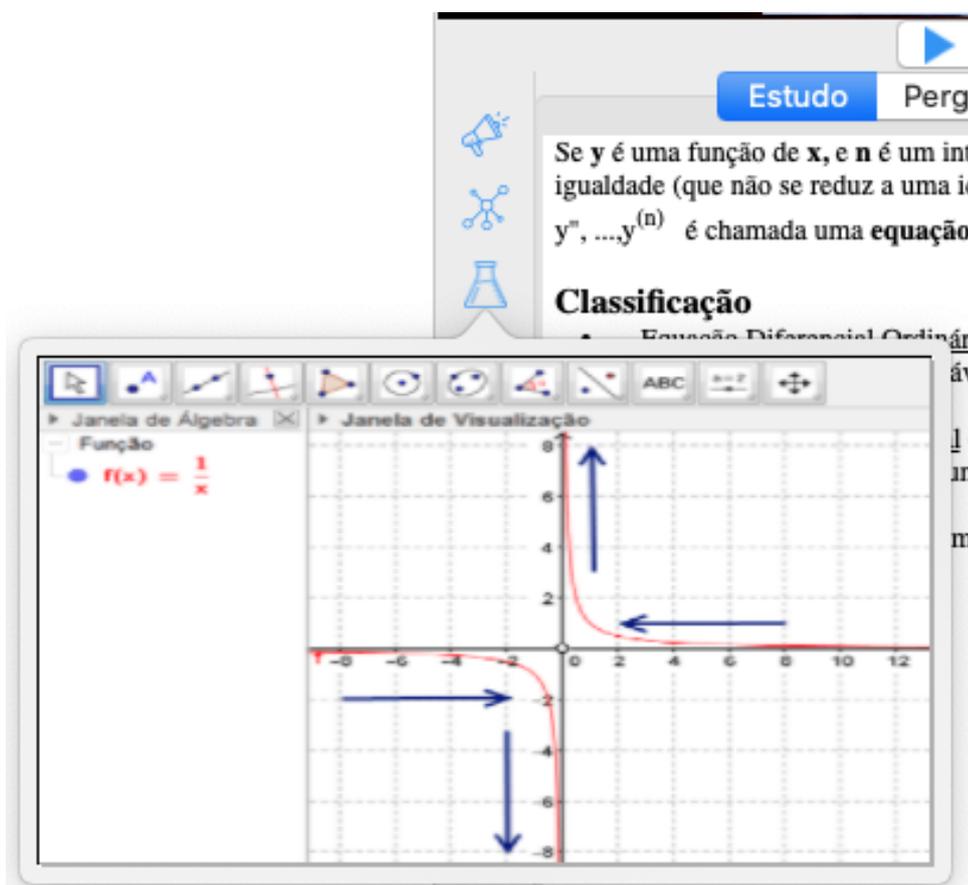
xavam claro qual a intenção da funcionalidade. Além da refatoração dos símbolos e pedaços de informações, a técnica sugere uma opção de ajuda para auxiliar o usuário a se localizar no sistema e entender seus simbolismos.

Segundo apontado pelo WE-QT, o sistema pode se beneficiar de atalhos (teclado, mouse) para realizar tarefas de forma a obter um acesso mais rápido a certas funcionalidades do sistema. Através de comandos com o teclado, o usuário poderia ser capaz de realizar uma ação complexa sem a necessidade de navegar até um botão/funcionalidade na tela.

## 6.2 As diretrizes de um AVA

O modelo ARCS de Keller (2010) pode ser observado na implementação em alguns aspectos. O aspecto da atenção é abrangido através da sugestão de *links* para experimentos no estudo de um fragmento. Ao aluno é permitido uma visão diferente do objeto de estudo, uma interação que vai além da teórica, com um experimento.

Figura 20 – AVMath: Experimentação no AVA



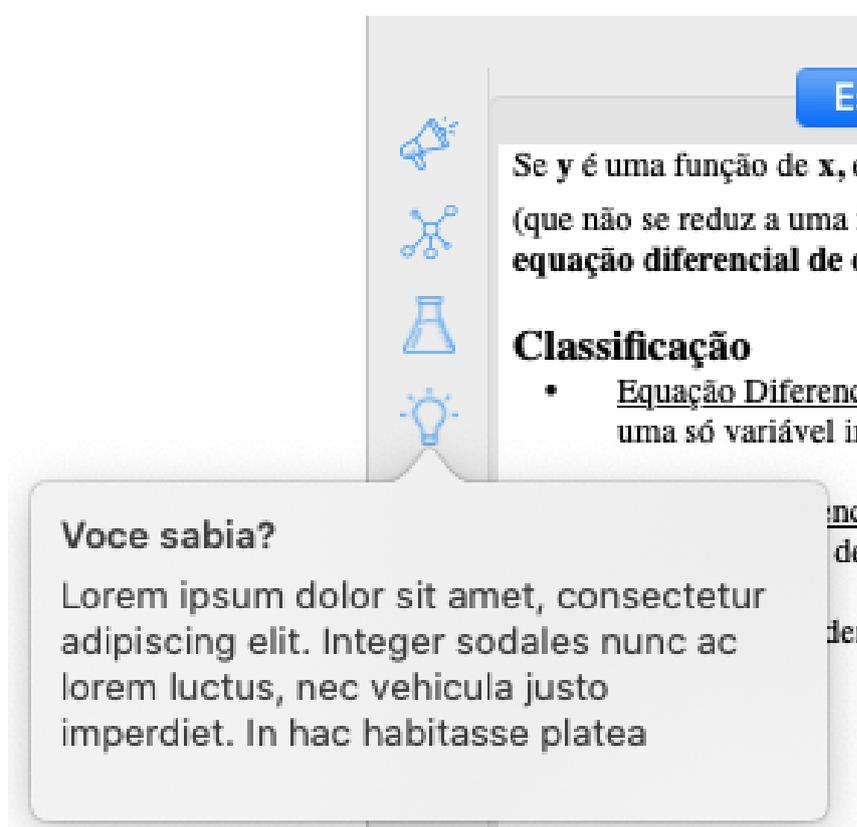
Fonte: AVA (Elaborado pelo autor); Gráfico (CAVALCANTE, 2017)

Um potencial uso do link de experimento é permitir ao usuário interagir ao

mesmo tempo que em aprende na plataforma. Como exemplificado na figura 20, o usuário pode experimentar a medida que tem contato com o conteúdo (vídeo, texto, etc.). Suportado também por Bravo (2012), o uso de experimentos é capaz de prender a atenção do estudante.

O aspecto da relevância no modelo ARCS é atingido mostrando ao estudante uma conexão entre o conteúdo e algo do mundo real ou na vida do estudante. A aplicação dessa conexão com o mundo real também é defendida por Abbondati (2013). Na figura 21, uma demonstração de como o AVA incentiva a inserção de contexto ao conteúdo. No cadastro de fragmento, o instrutor adiciona pequenas curiosidades/informações que provocam a curiosidade do estudante e/ou insiram algum contexto ao assunto.

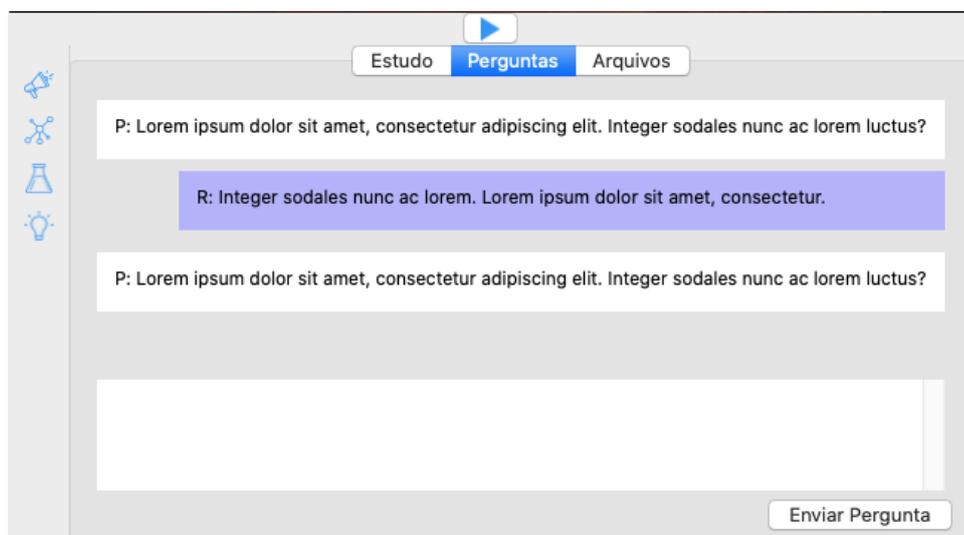
Figura 21 – AVMath: Você sabia? Relevância e contexto no AVA



Fonte: Elaborado pelo autor

Baseado nas recomendações de Abbondati (2013), o AVA provê o uso de diferentes mídias para aplicar suas lições, como vídeos, imagens e texto. Atendendo outra recomendação, ao introduzir o conceito de fragmento, o AVA incentiva a redução de conteúdo: um fragmento deve ser a menor parte de conteúdo possível. Segundo o autor isto facilita o aprendizado por fazer a leitura mais confortável e exigir menos esforço.

Figura 22 – AVMath: Sessão de perguntas



Fonte: Elaborado pelo autor

As recomendações de Bravo (2012), como colaboração e consultoria são abordadas por três aspectos do AVA: perguntas, discussão e *chat*. A sessão de perguntas (figura 22) é uma área dedicada a perguntas para o professor. Pode ser utilizado também com fonte de consulta para dúvidas de outros estudantes. A discussão permite o multiálogo, conversa entre professore e vários estudantes na mesma sessão. E por fim, o *chat* para uma conversa individual.

Como resultado e coleta final, a tabela 4 mostra a lista de todas as recomendações e diretrizes coletadas para criação de um Ambiente Virtual de Aprendizagem, com recomendações focado no ensino matemática e/ou de Cálculo.

Tabela 4 – Diretrizes coletadas

<b>Diretriz</b>
Lições através do uso de diferentes mídias
O uso de feedback com reforço positivo e/ou negativo
O conteúdo reduzido provê leitura mais confortável
Tolerância à erros aumentando o número de tentativas para resolução de problemas
Sugerir e dar dicas de resolução de um problema
Contexto histórico/cultural do conteúdo cria conexão entre estudeate-tópico
Design do conteúdo, objetos de aprendizagem com enfoque pedagógico
Colaboração professor-estudante, estudante-estudante e comunicação matemática
Consultoria estudante-professor
Gerência e acompanhamento do estudante

Fonte: Elaborado pelo autor

## 7 Considerações Finais

Em retrospectiva à questão de pesquisa, o objetivo deste trabalho tratava da elaboração de uma plataforma que facilitasse e/ou auxiliasse a aprendizagem de Cálculo. Tal especificidade, para a aprendizagem de cálculo, pareceu no início deste trabalho uma tarefa difícil de conceber. Isto pela percepção de que os AVAs atualmente disponíveis possuem caráter genérico, enquanto a proposta tinha intenção de aplicar diretrizes especificamente para o Cálculo.

A busca por diretrizes para a aprendizagem de Cálculo se mostrou difícil e retornou poucos, embora valiosos, resultados. Os resultados incluíram dentre a aprendizagem de Cálculo, também a aprendizagem da matemática de forma geral. O baixo número de pesquisas encontradas demonstra uma deficiência de plataformas e estudos que foquem no ensino de Cálculo. O AVMath proporciona a oportunidade de preencher essa deficiência e ser usado como complemento as atividades do professor.

Um diferencial oferecido pelo AVMath é o aspecto elaborado de uma comunicação matemática online. Um dos principais problemas em um sistema como este, é a dificuldade em se comunicar matematicamente. O uso de escrita textual em extenso através de um campo de texto, dificulta a formatação de uma fórmula ou equação, dificultando a leitura, logo prejudicando a comunicação. O projeto do AVA proporciona a melhoria dessa comunicação através de uma linguagem especial criada pra esse propósito, o LaTeX.

A avaliação de usabilidade foi capaz de demonstrar algumas falhas na concepção do AVMath. Em termos gerais, no entanto, o AVA atendeu a maioria das recomendações de usabilidade avaliadas pela técnica WE-QT. A aplicação da técnica WE-QT permitiu a identificação e correção destas falhas, tornando o AVMath potencialmente melhor.

Em linhas gerais, o AVMath é um auxílio ao ensino tradicional para prover uma aprendizagem com mais liberdade para o estudante. Desenhado com um enfoque em Cálculo e incentivo a conteúdo reduzido, o AVMath se propõe como uma ferramenta leve para o aprendizado de uma disciplina considerada difícil e com alto índice de reprovação.

Logo, acredita-se que a plataforma possa auxiliar no processo de aprendizagem de Cálculo. Além de facilitar a comunicação matemática, e a comunicação entre professor e estudantes.

Para trabalhos futuros, algumas concepções e diretrizes ficam pendentes: a formulação de uma funcionalidade para gerência de tarefas, avaliação e acompanhamento; formulação do design de exercícios e mecanismos de reforço positivo e negativo para atividades (que contemple tolerância à erros permitindo ao estudante novas tentativas).

Uma vez que o foco do trabalho foi a aprendizagem do AVA do ponto de vista do estudante, a implementação do fluxo de funcionalidade do professor também fica como trabalho futuro. O fluxo de professor segue, em especial, as diretrizes de conhecimento (design de conteúdo) e gerência de Bravo (2012). Uma aplicação e observação mais profunda das heurísticas de Nielsen (1993) é uma recomendação para o desenvolvimento futuro e real da aplicação.

Por fim, o desenvolvimento completo e funcional da plataforma AVMath com suas características previstas. Possivelmente um protótipo mais robusto e com dados reais poderia ser construído para uma avaliação e validação mais precisa.

## Referências

- ABBONDATI, M. *Um ambiente virtual de aprendizagem para o ensino de tópicos de matemática do ensino fundamental*. 2013. 181 p. Tese (Mestrado) — UFSCar, São Carlos, 2013. Citado nas páginas 38, 40, 43, 48 e 57.
- ABED, A. B. d. E. a. D. *Censo EAD.BR: relatório analítico da aprendizagem a distância no Brasil 2016*. Curitiba: InterSaberes, 2017. Citado na página 15.
- ALMEIDA, H. R. F. L. de. *Polidocentes-com-Mídias e o Ensino de Cálculo I*. nov 2016. 208 p. Tese (Doutorado) — UNESP, Rio Claro, SP, nov 2016. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/144988>>. Citado na página 13.
- ALMEIDA, M. E. B. de. Educação a distância na internet: abordagens e contribuições dos ambientes digitais de aprendizagem. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 327–340, dec 2003. ISSN 1517-9702. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ep/v29n2/a10v29n2>>. Citado nas páginas 12 e 18.
- BARREL, J. *Critical Issue: Working Toward Student Self-Direction and Personal Efficacy as Educational Goals*. 1995. Citado na página 26.
- BELLO, W. R. *Possibilidades de Construção do Conhecimento em um Ambiente Telemático: Análise de uma Experiência de Matemática em EaD*. oct 2004. Tese (Doutorado) — PUC-SP, São Paulo, oct 2004. Disponível em: <<https://tede2.pucsp.br/handle/handle/11136>>. Citado na página 16.
- BENYON, D. *Interação Humano-Computador*. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011. Citado nas páginas 20 e 22.
- BORBA, M. C.; CHIARI, A. S. d. S.; ALMEIDA, H. R. F. L. de. Interactions in virtual learning environments: new roles for digital technology. *Educational Studies in Mathematics*, Educational Studies in Mathematics, v. 98, n. 3, p. 269–286, 2018. ISSN 15730816. Citado na página 19.
- BORBA, M. d. C. Tecnologias Informáticas na Educação Matemática e Reorganização do Pensamento. In: BICUDO, M. A. V. (Ed.). *Pesquisa em Educação Matemática: Concepções e Perspectivas*. São Paulo: UNESP, 1999. Citado na página 19.
- BRANSFORD, J.; BROWN, A.; COCKING, R. *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. Washington, DC: [s.n.], 1999. Citado na página 39.
- BRAVO, M. Enseñanza-aprendizaje de las matemáticas utilizando como apoyo ambientes virtuales de aprendizaje. In: *Las tecnologías de la información en contextos educativos: nuevos escenarios de aprendizaje*. Columbia: Universidad Santiago de Cali, 2012. cap. 10. Disponível em: <[https://issuu.com/gabrielagenchi/docs/las\\_tecnolog\\_\\_as\\_de\\_la\\_informaci\\_\\_n](https://issuu.com/gabrielagenchi/docs/las_tecnolog__as_de_la_informaci__n)>. Citado nas páginas 18, 39, 40, 43, 48, 57, 58 e 60.
- CAVALCANTE, R. *Aula 8 - Limites laterais por meio dos gráficos de suas funções*. 2017. Disponível em: <<https://www.vivendoentresimbolos.com/2017/01/>>

curso-calculo-aula-8-limites-laterais-por-meio-dos-graficos-de-suas-funcoes.html>. Citado na página 56.

CONTE, T. et al. Web usability inspection technique based on design perspectives. *IET Software*, v. 3, n. 2, p. 106–123, 2009. ISSN 17518806. Citado nas páginas 32 e 33.

COSTA, J. W. da; ORTEGA, L. M. R. Reflexões sobre possíveis aproximações entre ambiente virtual de ensino e aprendizagem e a zona de desenvolvimento proximal. In: *Tecnologias digitais: desafio, possibilidades e relatos de experiências*. Brasília: Ibict, 2018. cap. Artigo VI, p. 109–124. Citado na página 12.

DALLABONA, C. A.; FARINIUK, T. M. D. Mediação Pedagógica e AVAs: superando fronteiras entre cursos presenciais e a distância. In: *Tecnologias digitais: desafio, possibilidades e relatos de experiências*. Brasília: Ibict, 2018. cap. Artigo II, p. 35–53. ISBN 978-85-7013-137-9. Citado nas páginas 12, 18 e 19.

DOMENICO, L. C. A. de. *Aprendizagem de cálculo diferencial e integral por meio de tecnologias de informação e comunicação*. 2006. 159 p. Tese (Mestrado) — PUC, 2006. Citado na página 40.

ENGESTRÖM, Y. Activity theory and individual and social instruction. In: ENGESTROM, Y.; MIETTINEN, R.; PUNAMAKI, R.-L. (Ed.). *Perspectives on activity theory*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. p. 19–38. ISBN 9780511812774. Citado nas páginas 13, 19, 20 e 21.

ENGESTRÖM, Y. Expansive Learning at Work: Toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, v. 14, n. 1, p. 133–156, feb 2001. ISSN 1363-9080. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13639080020028747>>. Citado nas páginas 20 e 21.

FERNANDES, P.; CONTE, T.; BONIFÁCIO, B. WE-QT: A web usability inspection technique to support novice inspectors. *Proceedings - 2012 Brazilian Symposium on Software Engineering, SBES 2012*, n. September, p. 11–20, 2012. Citado nas páginas 34 e 55.

GOMES, M. et al. WDP-RT: Uma técnica de leitura para inspeção de usabilidade de aplicações Web. *ESELAW 09 VI Experimental Software Engineering Latin American Workshop*, n. November 2015, p. 124–133, 2009. Citado nas páginas 33 e 34.

GRACIAS, T. A. S. *A natureza da reorganização do pensamento em um curso a distância sobre Tendências em Educação Matemática*. 2003. 167 p. Tese (Doutorado) — UNESP, 2003. Disponível em: <[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/102157/gracias\\_tas\\_dr\\_rcla.pdf?sequence=1](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/102157/gracias_tas_dr_rcla.pdf?sequence=1)>. Citado na página 12.

GRAVINA, M. A. g.; SANTAROSA, L. M. I. A Aprendizagem da Matemática em Ambientes Informatizados. *RIBIE*, v. 2, n. 1, p. 73–88, 1999. Disponível em: <[http://www.miniweb.com.br/ciencias/artigos/aprendizagem{\\\_}mat.](http://www.miniweb.com.br/ciencias/artigos/aprendizagem{\_}mat.)> Citado na página 14.

GREENSPAN, S. *A evolução da mente: as origens da inteligência e as novas ameaças a seu desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Record, 1999. 423 p. Citado na página 27.

- KELLER, J. M. *Motivational Design for Learning and Performance*. Boston, MA: Springer US, 2010. ISSN 1098-6596. ISBN 978-1-4419-1249-7. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/978-1-4419-1250-3>>. Citado nas páginas 27, 28, 29, 35, 36, 37, 43, 44 e 56.
- KENSKI, V. M. *Tecnologias e ensino presencial e a distância*. 9. ed. São Paulo: Papirus, 2012. 157 p. ISBN 978-85-308-0708-5. Citado na página 12.
- MANTOVANI, C. M. C.; PINTO, J. A. R.; SHIGAKI, H. B. Motivação, aprendizagem e design como guias para a educação a distância. In: DECEMBER (Ed.). *Tecnologias digitais: desafio, possibilidades e relatos de experiências*. Brasília: Ibict, 2018. p. 91–108. ISBN 978-85-7013-137-9. Citado nas páginas 16 e 35.
- MARCONI, M. d. A. *Fundamentos de metodologia científica*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010. Citado na página 42.
- MARIN, D.; PENTEADO, M. G. Professores que utilizam tecnologia de informação e comunicação para ensinar Cálculo. *Educação Matemática Pesquisa*, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 527–546, 2011. Disponível em: <[http://www.pucrs.br/ciencias/viali/tic/\\_literatura/artigos/tic/\\_professores/59](http://www.pucrs.br/ciencias/viali/tic/_literatura/artigos/tic/_professores/59)>. Citado na página 13.
- MEYER, J. F. d. C. A.; JÚNIOR, A. J. d. S. A utilização do computador no processo de ensinar-aprender Cálculo: a constituição de grupos de ensino com pesquisa no interior da universidade. *Zetetiké*, v. 10, n. 17/18, p. 113–149, 2002. Citado nas páginas 13 e 14.
- MOORE, M. G. P. S. U.; KEARSLEY, G. U. o. A. *Educação a distância : uma visão integrada*. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008. ISBN 9788522105762. Citado nas páginas 12, 17 e 18.
- NETTO, A. A. d. O. *IHC e a Engenharia Pedagógica: Interação Humano Computador*. Florianópolis: Visual Books, 2010. 218 p. Citado nas páginas 14, 25, 26 e 27.
- NIELSEN, J. *Usability Engineering*. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1993. 352 p. ISBN 0125184050. Disponível em: <<https://www.nngroup.com/books>>. Citado nas páginas 30, 31, 32, 33 e 60.
- NORMAN, D. A. Cognitive Engineering. In: *User Centered System Design: New Perspectives on Human-computer Interaction*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1986. cap. 3, p. 31–61. ISBN 0898598729. Citado nas páginas 22, 23 e 24.
- NORMAN, D. A. *The Design of Everyday Things*. New York: Basic Books, 2013. 347 p. ISBN 978-0-465-05065-9. Citado nas páginas 14, 23, 24 e 25.
- NOTARE, M. R.; BEHAR, P. A. Aprendizagem e Comunicação Matemática em Ambientes Virtuais: Uma Experiência com o Cálculo Diferencial. In: *XX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. [s.n.], 2009. ISBN 978-0-7695-5046-6. ISSN 2316-6533. Disponível em: <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/1119>>. Citado na página 37.
- O'LEARY, R.; RAMSDEN, A. *Virtual Learning Environments*. UK: [s.n.], 2002. 23 p. Disponível em: <[http://www.economicsnetwork.ac.uk/handbook/printable/vle/\\_v5](http://www.economicsnetwork.ac.uk/handbook/printable/vle/_v5)>. Citado na página 18.

PROJECT, L. *LaTeX – A document preparation system*. 2019. Disponível em: <<https://www.latex-project.org/>>. Citado na página 45.

REIS, E. *A Startup Enxuta.pdf*. [S.l.: s.n.], 2011. 180 p. ISBN 0307887898. Citado na página 49.

ROLIM, A. T.; SCARAMUZZA, B. C. Aprendizagem Significativa em Ambientes Virtuais de Aprendizagem. *Poiésis - Revista do Programa de Pós-Graduação em Educação*, Tubarão, v. 10, n. Especial, p. 182, 2016. ISSN 2179-2534. Disponível em: <<http://portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/Poiesis/article/view/2866>>. Citado na página 12.

SANTOS, S. C. *A produção matemática em um ambiente virtual de aprendizagem: o caso da geometria euclidiana espacial*. 2006. 144 p. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2006. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/91097>>. Citado nas páginas 16 e 38.

SOUTO, D. L. P.; ARAÚJO, J. d. L. Possibilidades expansivas do sistema Seres-humanos-com-mídias: um encontro com a Teoria da Atividade. In: *Tecnologias Digitais e Educação Matemática*. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2013. cap. Seção II -, p. 71–90. ISBN 978-85-7861-194-1. Citado nas páginas 12, 13, 15, 19, 20, 21 e 38.

# Anexos

Técnica WE-QT

ID	Perguntas	Mapeamento		
		Sim	Não	Próximo
1	A página mostra alguma mensagem (de erro, aviso, advertência,...)?	2	7	-
2	Em relação à(s) mensagem(ns):			3
	Não consegui ver a(s) mensagem(ns) facilmente			
	Não consegui compreender a(s) mensagem(ns) facilmente			
	A(s) mensagem(ns) não segue(m) o padrão visual da página (mesmas cores, fontes,...)			
3	É (são) mensagem(ns) de erro?	4	5	-
4	A(s) mensagem(ns) de erro:			5
	Não Informa(m) o(s) problema(s) ocorrido(s)	-	-	
	A mensagem de erro não me ajudou a solucionar o(s) problema(s)			
5	É (são) mensagem(ns) de aviso ou advertência?	6	7	-
6	Essa(s) mensagem(ns) de aviso/advertência informou(ram) a consequência de uma ação importante que você pretende realizar?	7	7	-
7	A página:			8
	Não é o que eu esperava			
	Não possui a interface agradável, de um modo geral	-	-	
	Possui textos, figuras e botões que não consigo visualizar facilmente			
8	A página informa em que parte da aplicação você se encontra?	9	10	-
9	Em relação à minha localização na aplicação:			10
	Não consegui ver essa informação facilmente	-	-	
	Conseguiu compreender essa informação facilmente			
10	A página:			11
	Não destaca informações importantes para o meu objetivo			
	Destaca informações irrelevantes para o meu objetivo			
	Não apóia tarefas frequentemente repetidas	-	-	
	Não disponibiliza uma opção para voltar a página anterior (desconsidere a opção do browser)			

	Não disponibiliza uma opção para retornar para a página principal			
11	Em relação ao conteúdo da página:			
	As informações, opções e menus não são apresentados em uma ordem natural e lógica			
	As palavras, textos, imagens e símbolos contidos na página não são facilmente compreendidos	-	-	12
	A página não disponibiliza a definição de imagens, símbolos e palavras incomuns, de forma que possa ser consultada onde são utilizados			
	A linguagem da página não está de acordo com o assunto que aborda			
12	A página possui entrada de dados (em relação à sua tarefa)?	13	23	-
13	Em relação à entrada de dados:			
	A página não informa o formato correto de preenchimento dos campos			
	A página não facilita o preenchimento de dados (ex: função de auto-completar)	-	-	14
	A ordem de preenchimento do formulário não faz sentido			
	A página não inibe campos que não devem ser preenchidos			
	A página não faz reuso de dados já fornecidos anteriormente			
14	Os campos obrigatórios a serem preenchidos estão claramente definidos?	15	16	-
15	Em relação aos campos obrigatórios definidos:			
	Não consegui compreender facilmente que o símbolo usado para informar os campos obrigatórios tinha esse propósito	-	-	16
	A página não possui a definição do significado desse símbolo			
16	Preencha o formulário de forma incorreta, de acordo com as instruções: - Se o campo for obrigatório, não preencha. - Se o campo requisitar um formato de dados específico, preencha de forma errada. - Se algum campo deve ser preenchido somente com letra, preencha-o com números e vice-versa. - Tente preencher dados que não deveriam ser preenchidos. - Submeta o formulário.	-	-	17
17	Após você submeter o formulário, o sistema apresentou uma mensagem de erro?	18	19	-
	Em relação à mensagem de erro:			
	Todos os erros cometidos não foram informados de uma só vez			

18	Não consegui ver facilmente a(s) mensagem(ns) de erro	-	-	19
	Não consegui compreendê-la(s) facilmente			
	A(s) mensagem(ns) não me ajudaram a solucionar o(s) erro(s)			
19	Corrija os erros de preenchimento do formulário - Submeta novamente	-	-	20
20	Após você submeter o formulário, a página informou que a ação foi realizada com sucesso e outras informações importantes, se houverem?	21	21	-
21	A ação que você está realizando é uma tarefa crítica (ex: preenchimento de formulário para uma compra)?	22	23	-
22	Em relação à tarefa crítica:			23
	A página não pediu confirmação para realizar essa tarefa crítica	-	-	
	A página não informou se a ação podia ou não ser desfeita caso seja realizada			
23	A página possui atividade que naturalmente demora muito para carregar (ex: vídeos, jogos, transferência de dados,...)?	24	25	-
24	Em relação à essa atividade, a página:			25
	Não informa o progresso de carregamento dessa atividade	-	-	
	Não disponibiliza a opção de abortar essa atividade			
25	A página faz parte de uma sequência de passos de uma tarefa? (Ex: Cadastro com diversos passos)	26	27	-
26	Em relação à sequência de passos da tarefa:			27
	Não consigo navegar facilmente pelos diferentes passos da tarefa			
	Não é fácil retornar ao fluxo principal de uma tarefa após um desvio	27	27	
	Nessa sequência de passos, a página não disponibiliza opções de Desfazer e Refazer ou “saídas de emergência”, em caso de escolhas erradas ou estado inesperado			
Inspeção do sistema				
27	Em relação ao sistema:			28
	A interface e botões não seguem um padrão			
	Não possibilita a personalização da página (fontes, cores, idioma, uso de recursos sonoros)	-	-	
	As opções de navegação que o sistema oferece não minimizam o esforço de ações físicas (quantidade de cliques, utilização da barra de rolagem,...)			

28	Os menus, botões e listagens em geral do sistema se apresentam:	-	-	29
	Na mesma ordem de apresentação dos itens			
	Na mesma localização			
	Com mesmo padrão visual			
	Com mesmo comportamento			
29	Em relação ao sistema:	-	-	30
	Os termos, gráficos, e símbolos não são consistentes			
	O sistema não disponibiliza diferentes formas de acesso, como atalhos para acesso rápido para as tarefas que realizei			
	As tarefas equivalentes não possuem interfaces equivalentes			
30	A página oferece opção de ajuda (FAQ, mapa do site,...)?	31	FIM	-
31	Acesse a opção de ajuda.	-	-	32
32	Em relação à opção de ajuda:	-	-	FIM
	Não consegui acessar facilmente a opção de ajuda			
	Não consegui compreender facilmente as informações na opção de ajuda			

Fonte: (FERNANDES; CONTE; BONIFÁCIO, 2012)