

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Rodrigo Cardoso Rocha
Victor Augusto Delgado de Carvalho

**APLICATIVO IPHONE PARA A FERRAMENTA DE BUSCA
MATEMÁTICA *SEARCHONMATH***

Alfenas, 15 de junho de 2015.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**APLICATIVO IPHONE PARA A FERRAMENTA DE BUSCA
MATEMÁTICA *SEARCHONMATH***

Rodrigo Cardoso Rocha
Victor Augusto Delgado de Carvalho

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em
Ciência da Computação da Universidade Federal de
Alfenas como requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. D.Sc. Flavio Barbieri Gonzaga

Alfenas, 15 de junho de 2015.

Rodrigo Cardoso Rocha
Victor Augusto Delgado de Carvalho

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO IPHONE PARA A
FERRAMENTA DE BUSCA MATEMÁTICA SEARCHONMATH**

A Banca examinadora abaixo-assinada aprova a monografia apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Alfenas.

Prof. D.Sc. Ricardo Menezes Salgado
Universidade Federal de Alfenas

M.Sc. Everton Silva
Universidade Federal de Alfenas

Prof. D.Sc. Flavio Barbieri Gonzaga (Orientador)
Universidade Federal de Alfenas

Alfenas, 15 de junho de 2015

RESUMO

Este trabalho apresenta o estudo e desenvolvimento de um aplicativo mobile para iPhone para a ferramenta de busca de fórmulas matemáticas SearchOnMath. Essa ferramenta de busca ajuda estudantes e pesquisadores a encontrarem páginas web que contenham uma determinada fórmula matemática, ou similar. Foi proposto o desenvolvimento de um aplicativo especial para *iPhone* pois a usabilidade de ferramentas desenvolvidas exclusivamente para *web* geralmente é prejudicada quando essas são acessadas através de navegadores disponíveis em dispositivos móveis. Assim, esse aplicativo tem por objetivo oferecer ao usuário *mobile* a mesma qualidade de uso oferecida para usuários web.

Palavras-Chave: SearchOnMath, busca matemática, iPhone, aplicativo mobile.

ABSTRACT

This paper presents the study and development of a mobile software for iPhone for the mathematical formulae search engine SearchOnMath. This search engine helps students and researchers to find web pages that contain, to a certain degree of similarity, a determined mathematical formula. The development of a special application for iPhone is required because the usability of tools developed exclusively for web is highly impaired when accessed through mobile devices web browsers. This mobile application aims to offer mobile users the same ease of use web users have.

Keywords: SearchOnMath, mathematical search, iPhone, mobile application.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ACESSOS NO PERÍODO DE 1º DE JANEIRO A 20 DE JUNHO DE 2015.....	20
FIGURA 2 - ACESSOS NO PERÍODO DE 21 DE MAIO A 20 DE JUNHO DE 2015.....	21
FIGURA 3 - EXEMPLOS DE RENDERIZAÇÃO COM MATHJAX	29
FIGURA 4 - EXEMPLO DE RENDERIZAÇÃO COM KATEX	31
FIGURA 5 - RESULTADO DA BUSCA POR $f(x) = \ln x$	33
FIGURA 6 - JSON RETORNADO PELO WEBSERVICE	34
FIGURA 7 - WIKIMIRS WORKFLOW [39]	37
FIGURA 8 - UMA BUSCA NO TANGENT (HTTP://SASKATOON.CS.RIT.EDU/TANGENT/?QUERY=X%5E2%20%2B%20Y%5E2).....	39
FIGURA 9 - INTERFACE WEB DA SYMBOLAB	41
FIGURA 10 - EXEMPLO DE RESOLUÇÃO DE UMA INTEGRAL PELA SYMBOLAB WEB	42
FIGURA 11 - INTERFACE APLICATIVO MÓVEL SYMBOLAB I	43
FIGURA 12 - ESBOÇO INICIAL DO FLUXO DE TELAS	49
FIGURA 13 - VERSÃO FINAL DO FLUXO DE TELAS	50
FIGURA 14 - TELA INICIAL	51
FIGURA 15 - FÓRMULA GERADA A PARTIR DO TRY ME! (O LOGO É OCULTADO PARA FACILITAR A VISUALIZAÇÃO).	52
FIGURA 16 - TECLADO DA VERSÃO WEB.....	53
FIGURA 17 - TECLADO DA VERSÃO MOBILE	53
FIGURA 18 - UM RESULTADO NA VERSÃO WEB	54
FIGURA 19 - RESULTADOS NO APLICATIVO.....	56
FIGURA 20 - PAGINAÇÃO NA VERSÃO MOBILE	57
FIGURA 21 - SISTEMA DE REBUSCAGEM NA VERSÃO WEB	57
FIGURA 22 - TRANSIÇÃO 1: TELA INICIAL APÓS CLICAR NO CAMPO DE TEXTO	61
FIGURA 23 - TRANSIÇÃO 2: DA ESCRITA DA FÓRMULA PARA A TELA DE RESULTADOS	62
FIGURA 24 - TRANSIÇÃO 3: MUDANÇA DE PÁGINA NA TELA DE RESULTADOS.....	62
FIGURA 25 - TRANSIÇÃO 4: APÓS TOCAR EM ALGUM RESULTADO	63

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - <i>TeX vs MathML vs AsciiMath</i>	25
TABELA 2 - <i>Suporte nativo do Mozilla Firefox ao MathML</i>	27
TABELA 3 - <i>Exemplo AsciiMath com MathJax</i>	28
TABELA 4 - <i>Exemplo MathJax</i>	29
TABELA 5 - <i>Exemplo de renderização com MathQuill</i>	30
TABELA 6 - <i>Codificação HTTP</i>	33

LISTA DE ABREVIACOES

APP	<i>Aplicaco de software</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i>
DLMF	<i>Digital Library of Mathematical Functions</i>
SVG	<i>Scalable Vector Graphics</i>
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
1.1 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO	19
1.2 PROBLEMATIZAÇÃO.....	21
1.3 OBJETIVOS	22
1.3.1 Gerais	22
1.3.2 Específicos	22
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1 DISPOSITIVOS MÓVEIS	23
2.2 APLICATIVOS MÓVEIS	23
2.3 DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVOS MÓVEIS	23
2.4 FERRAMENTAS PARA DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVOS MÓVEIS PARA <i>IPHONE</i>	24
2.5 <i>SEARCHONMATH</i>	24
2.6 LINGUAGENS PARA REPRESENTAÇÃO DE FÓRMULAS MATEMÁTICAS	24
2.6.1 TeX.....	26
2.6.2 MathML	26
2.6.3 AsciiMath.....	27
2.7 FERRAMENTAS DE INTERPRETAÇÃO E RENDERIZAÇÃO DE LINGUAGENS DE MARCAÇÃO MATEMÁTICA	28
2.7.1 MathJax	28
2.7.2 MathQuill	30
2.7.3 KaTeX.....	30
2.8 <i>SEARCHONMATH WEBSERVICE</i>	31
2.8.1 WebService	31
2.8.2 JSON	31
2.8.3 O WebService da SearchOnMath	31
2.8.4 A Resposta do WebService.....	32
2.8.5 Caso de Uso.....	32
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	35
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	35
3.2 FERRAMENTAS DE BUSCA MATEMÁTICA.....	35
3.2.1 Wikimirs	36
3.2.2 Tangent	37
3.3 APLICATIVOS MÓVEIS NO CONTEXTO DE UTILITÁRIOS MATEMÁTICOS.....	39
3.3.1 Symbolab	39
3.4 APLICATIVOS MÓVEIS NO CONTEXTO DE FERRAMENTAS DE BUSCA.....	44
4 METODOLOGIA	47
4.1 LOJA DE APLICATIVOS PARA <i>IPHONE</i> EM NÚMEROS	47
4.2 ACESSOS À <i>SEARCHONMATH</i>	48
4.3 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO	48
4.3.1 Desenvolvimento das Telas	48
4.3.2 Desenvolvimento do Teclado Matemático.....	52
4.3.3 Das Questões de Usabilidade	54
5 RESULTADOS	59

5.1 CASO DE USO	60
6 CONCLUSÃO.....	65
7 TRABALHOS FUTUROS.....	67
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
9 APÊNDICE A.....	75
9.1 FÓRMULAS PRÉ-DEFINIDAS PARA O <i>TRY ME!</i>	75
9.1.1 The Definition of Pi	75
9.1.2 Euler's Formula for Polyhedra.....	75
9.1.3 The Binomial Theorem.....	75
9.1.4 The Closed-form Expression for the Fibonacci Number	76
9.1.5 Euler's Product Formula.....	76
9.1.6 The fundamental theorem of calculus	76
9.1.7 The integral definition of the exponential function	76
9.1.8 The limit definition of the exponential function.....	77
9.1.9 Euler's Identity	77
9.1.10 The Gamma Function.....	77
9.1.11 The Gaussian Integral	77
9.1.12 The Laplace Transform	77
9.1.13 The Definition of Conditional Probability.....	78
9.1.14 The Definition of Total Probability	78
9.1.15 Bayes' Theorem	78
9.1.16 The Normal Distribution	78
9.1.17 Shannon's Entropy.....	78
9.1.18 The Taylor Series.....	79
9.1.19 The Series Expansion of the Exponential Function.....	79
9.1.20 The Series Expansion of the Natural Logarithm	79
9.1.21 Newton's Universal Law of Gravitation.....	79
9.1.22 The Wave Equation	80
9.1.23 The Heat Equation.....	80
9.1.24 Maxwell's Equations For Electromagnetic Waves	80
9.1.25 A Particle's Rest Energy in Special Relativity	81
9.1.26 Einstein's Field Equations in General Relativity	81
9.1.27 The Schrödinger Equation.....	82

1

Introdução

A *SearchOnMath* é um serviço de busca matemática inovador que permite a usuários buscarem conteúdo de natureza matemática na *web*. Entretanto, essa ferramenta possui uma interface complexa desenvolvida com o objetivo de auxiliar o usuário na sua utilização. Essa complexidade, porém, impacta negativamente a experiência de uso do usuário quando este acessa a partir de dispositivos móveis, pois estes dispositivos possuem uma tela pequena. A fim de se resolver os problemas dessa natureza, foi proposto o desenvolvimento de um aplicativo especialmente adaptado para dispositivos móveis.

1.1 Justificativa e Motivação

Com o sempre crescente número de usuários de *smartphones*, cresce também o espaço e impacto desses dispositivos na área do marketing. Esse impacto é grande ao ponto de que não é incomum aplicativos renderem milhões de dólares apenas vendendo espaço para propaganda de outros aplicativos e produtos. De fato, em 16 de maio de 2013, a gigante Apple anunciou que seus clientes teriam feito o download de mais de 50 bilhões de aplicativos únicos [3], excluindo atualizações e downloads repetidos, número esse que em 2014 aumentou para 75 bilhões [23].

Números como esses somados ao fato de que no período de 1º de janeiro a 20 de junho de 2015, 45.6% dos acessos à *SearchOnMath* tiveram origem móvel (figura 1), e no último mês (21 de maio a 20 de junho de 2015) esse número subiu para 58% (figura 2), evidenciam a utilidade de se expandir a *SearchOnMath* para o meio móvel.

O desenvolvimento de um aplicativo especial para a ferramenta de busca ajudará não somente na divulgação da mesma, mas também na experiência de uso do usuário.

O aplicativo facilitará o uso da *SearchOnMath* em dispositivos móveis porque ele será especialmente adaptado para esses dispositivos, eliminando todos problemas de usabilidade decorrentes do uso da ferramenta através de navegadores em dispositivos móveis, problemas esses que muitas vezes inviabilizam seu uso.

Foi decidido desenvolver o aplicativo para *iPhone* pois já existe um aplicativo para a plataforma *Android* em desenvolvimento. Ainda assim, cabe a menção de que há planos futuros para o desenvolvimento de um aplicativo também para *Windows Phone*.

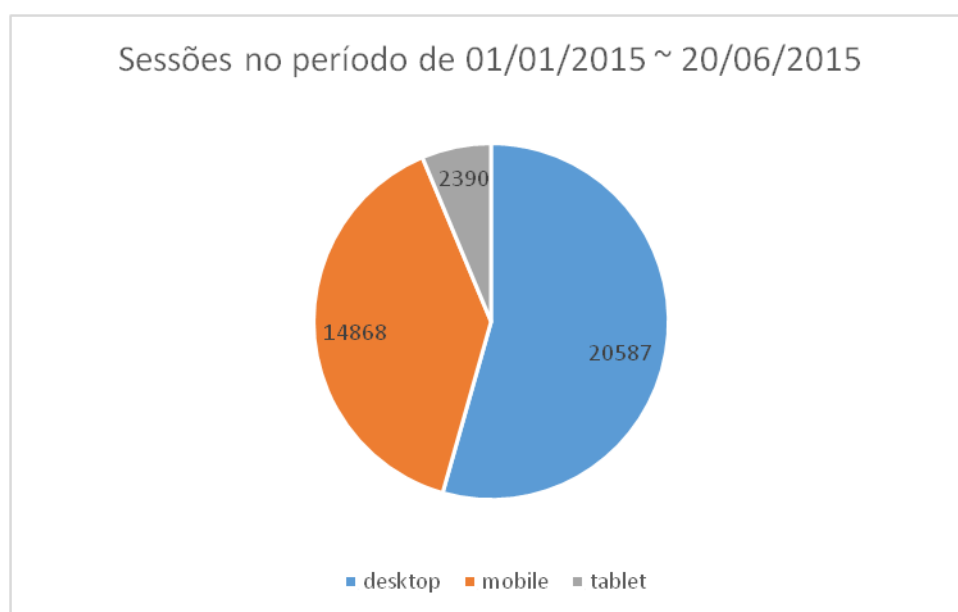


Figura 1 - Acessos no Período de 1º de janeiro a 20 de junho de 2015

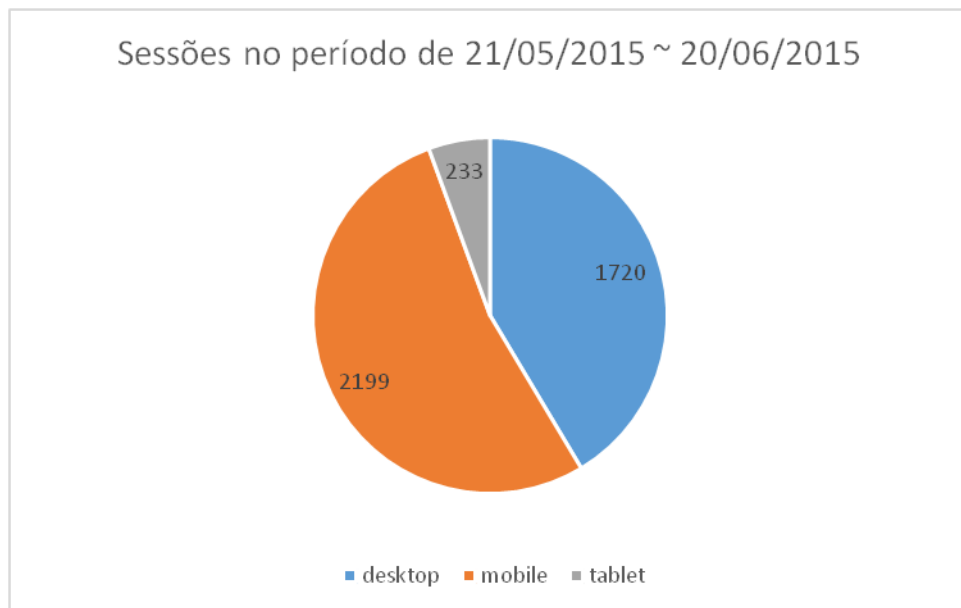


Figura 2 - Acessos no período de 21 de maio a 20 de junho de 2015 |

1.2 Problematização

O uso de uma ferramenta pode ser prazeroso quando seu design é bem trabalhado, levando a facilidade de uso e previsibilidade de comportamento. Essa facilidade e previsibilidade de uso de um *software* é chamada de usabilidade. Trabalhar com uma ferramenta de baixa usabilidade resulta em frustração do usuário, possivelmente levando-o a procurar outra ferramenta ou simplesmente abandonar seu uso. Atualmente, a *SearchOnMath* não possui uma distribuição dedicada aos seus usuários móveis, isto é, usuários que a usam a partir de celulares e *tablets*, o que limita seu público e uso.

Ainda que seja possível utilizá-la através de navegadores *web* nesses dispositivos, a usabilidade da ferramenta, quando acessada através desses navegadores, é muito baixa e improdutiva, o que mantém a *SearchOnMath* fora do mercado móvel e longe de um público enorme. Isto pode, entretanto, ser resolvido com o desenvolvimento do aplicativo proposto nesse trabalho.

Será possível criar um aplicativo para a ferramenta de busca matemática *SearchOnMath*, que seja tão eficiente, rápida, e de grande usabilidade quanto a versão disponível para *web*? |

1.3 Objetivos

1.3.1 Gerais

|O objetivo deste projeto é o desenvolvimento de um aplicativo *mobile* para *iPhone* a ferramenta de busca matemática *SearchOnMath*. |

1.3.2 Específicos

Os objetivos específicos são desenvolver um aplicativo com alto grau de usabilidade, que tenha comportamento previsível, e que ao mesmo tempo forneça todas facilidades o que a versão *web* fornece, como um teclado matemático customizado. |

2

Fundamentação Teórica

2.1 Dispositivos Móveis

Dispositivos móveis [22] cobrem toda a classe de dispositivos computacionais pequenos o suficiente para serem segurados em uma mão. São exemplos desses dispositivos: celulares, *smartphones* e *tablets*.

2.2 Aplicativos Móveis

Aplicativos móveis [5], também chamados de *app*, são programas feitos especificamente para dispositivos móveis, tais como celulares, *smartphones* e *tablets*. Os *apps* têm por objetivo facilitar o dia-a-dia de seus usuários, fornecendo soluções ágeis e simples para problemas cotidianos.

2.3 Desenvolvimento de Aplicativos Móveis

O desenvolvimento de aplicativos móveis é multidisciplinar, requer estudos de usabilidade, programação, projeto, planejamento e, portanto, é uma tarefa bem complexa. Abstrair essa complexidade é imprescindível para que todas as partes tenham sinergia.

2.4 Ferramentas para Desenvolvimento de Aplicativos Móveis para *iPhone*

Para se desenvolver aplicativos para *iPhone* é necessária uma única ferramenta chamada *Xcode*.

Xcode é uma *Integrated Development Environment (IDE)* desenvolvida pela *Apple* especificamente para o desenvolvimento de aplicativos para seus produtos, como o *iPad* e o *iPhone*.

2.5 *SearchOnMath*

Do mesmo modo que a famosa ferramenta de busca da Google fornece a possibilidade de fazer pesquisas sobre qualquer assunto, a *SearchOnMath* (searchonmath.com) [27] permite a busca de fórmulas matemáticas, como $e = mc^2$.

O grande diferencial da *SearchOnMath*, é que a ferramenta usa um sistema de representação textual chamado *TeX*, que permite a descrição perfeita de fórmulas matemáticas complexas, ao passo que as demais ferramentas de busca apenas interpretam texto.

Para exibir a fórmula de uma forma simples e agradável ao usuário, *SearchOnMath* usa uma outra ferramenta chamada *MathJax*, que interpreta o código *TeX* e renderiza a fórmula.

2.6 Linguagens para Representação de Fórmulas Matemáticas

Existem diversas linguagens de marcação textual que tem por objetivo parcial facilitar a escrita de fórmulas científicas e matemáticas, como é o caso do sistema de

composição textual *TeX*, e das linguagem de marcação textual matemática *MathML*, e *AsciiMath*.

A tabela 1 faz uma comparação das três linguagens para uma determinada fórmula.

$\frac{\sqrt{x}}{y^2 - 1}$			
MathML Semantic	MathML Presentational	<i>TeX</i>	<i>AsciiMath</i>
<apply>	<math>	$\frac{\sqrt{x}}{y^2 - 1}$	sqrt(x)/(y^2-1)
<divide/>	<mfrac>		
<apply>	<msqrt>		
<root/>			
	<mi>x</mi>		
<ci>x</ci>	</msqrt>		
</apply>	<mrow>		
<apply>	<msup>		
<minus/>			
<apply>	<mi>y</mi>		
	<mb>2</mn>		
<power/>	</msup>		
<ci>y</ci>	<mo>-		
	</mo>		
<cn>2</cn>	<mn>1</mn>		
</apply>	</mrow>		
<cn>1</cn>	</mfrac>		
</apply>	</math>		
</apply>			

Tabela 1 - *TeX* vs *MathML* vs *AsciiMath*

2.6.1 TeX

TeX [2] é um sistema de composição projetado para permitir a criação de documentos bem formatados, de estética exemplar: ao se preparar um documento utilizando-se *TeX*, é possível dizer ao computador exatamente como um manuscrito deve ser transformado em páginas cuja tipografia é comparável à das impressoras mais modernas.

Essa linguagem foi a escolhida para a descrição de fórmulas na *SearchOnMath* pelo fato de ela ser a mais difundida dentre as citadas anteriormente. Um segundo motivo é o fato de bibliotecas e fóruns de conteúdo matemático populares como *Wikipedia*, *PlanetMath*, *Digital Library of Mathematical Functions (DLMF)*, e *Mathematics Stack Exchange* usarem *TeX*.

2.6.2 MathML

MathML [29] tem por objetivo facilitar a escrita de conteúdo matemático e científico na *web* e outras aplicações, como programas de álgebra e sistemas de composição de textos. Essa linguagem pode ser usada tanto para apresentar notações matemáticas com alta qualidade visual (*MathML Presentational*), como para expressá-las de forma semântica (*MathML Semantics*).

A linguagem consiste do uso *tags XML* para representar fórmulas matemáticas. Isso possibilita que navegadores *web* possam interpretar essa linguagem da mesma forma que interpretam *HTML*, como é o caso do *Mozilla Firefox*, que tem suporte nativo à *MathML Presentational*. Na tabela 2, pode-se observar a diferença de como *MathML* é interpretada e renderizada pelos navegadores *Google Chrome* (sem suporte) e *Mozilla Firefox*.

Apesar de ser similar ao *HTML*, *MathML* não foi projetada com o intuito de que o usuário manualmente escreva uma fórmula, mas sim um sistema automático. Um outro problema relacionado à essa linguagem é a quantidade de caracteres necessários para se expressar uma fórmula: pode-se dizer que *MathML* é uma linguagem bastante prolixa, que requer diversas linhas de texto para gerar uma

fórmula que, em *TeX*, requer apenas uma linha, como pode ser observado na tabela 1.

MathML Presentational	Google Chrome	Mozilla Firefox
$ \begin{aligned} &<math> \\ &\quad <mrow> \\ &\quad \quad <msup> \\ &\quad \quad \quad <mi>x</mi> \\ &\quad \quad \quad <mn>2</mn> \\ &\quad \quad </msup> \\ &\quad \quad <msup> \\ &\quad \quad \quad <mi>y</mi> \\ &\quad \quad \quad <mn>2</mn> \\ &\quad \quad </msup> \\ &\quad </mrow> \\ &</math> \end{aligned} $	$x^2 y^2$	$x^2 y^2$

Tabela 2 - Suporte nativo do Mozilla Firefox ao MathML

2.6.3 AsciiMath

A *AsciiMath* [30], assim como a *MathML*, é uma linguagem de marcação textual projetada para facilitar a escrita de natureza matemática.

Para se renderizar uma fórmula utilizando a *AsciiMath*, é necessário um programa que interpreta essa linguagem e desenha a fórmula correspondente, como o *MathJax*, que nesse funciona como o *Mozilla Firefox* em relação à *MathML Presentational* como supracitado.

Adicionalmente, é possível também usar um *script* escrito em *JavaScript* para converter notação *AsciiMath* para *MathML Presentational* para que se possa usar

essa linguagem diretamente em navegadores web que oferecem suporte à *MathML*, como o *Mozilla Firefox*.

Na tabela 3, pode-se observar um caso de uso da *AsciiMath* e a fórmula resultante, desenhada pelo *MathJax*.

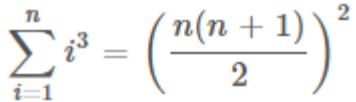
AsciiMath	Fórmula renderizada pelo MathJax
$\text{sum}_{i=1}^n i^3 = \left(\frac{n(n+1)}{2}\right)^2$	

Tabela 3 - Exemplo *AsciiMath* com *MathJax*

2.7 Ferramentas de Interpretação e Renderização de Linguagens de Marcação Matemática

Algumas linguagens de marcação textual requerem que ferramentas as interpretem para que uma fórmula matemática seja exibida de forma visualmente agradável, como é o caso da *AsciiMath* e *TeX*.

Existem algumas possibilidades de renderização de conteúdos matemáticos na web, como o *MathJax*, *KaTeX*, *MathQuill*, e alguns navegadores *web*.

2.7.1 *MathJax*

O projeto *MathJax* [26] tem por objetivo facilitar a exibição de fórmulas matemáticas na *web*. A partir de um código em *TeX*, *MathML*, ou *AsciiMath*, a ferramenta exibe a fórmula resultante de uma forma legível (tabela 4, e figura 8). Essa ferramenta permite ao usuário escolher que o resultado seja fornecido em *HTML* combinado com *CSS*, *MathML* e *Scalable Vector Graphics (SVG)*.

MathJax foi escolhida como renderizadora na *SearchOnMath* pelo fato de suportar *TeX* por completo, bem como outras linguagens. Entretanto, ainda não é ideal devido ao seu baixo desempenho para completar uma renderização.

TeX	MathML	AsciiMath	Produto do MathJax
$\$x \times y^2\$$	$\langle \text{math} \rangle$ $\langle \text{mrow} \rangle$ $\langle \text{mi} \rangle x \langle \text{mi} \rangle$ $\langle \text{mo} \rangle \&\text{times} \langle \text{mo} \rangle$ $\langle \text{msup} \rangle$ $\langle \text{mi} \rangle y \langle \text{mi} \rangle$ $\langle \text{mo} \rangle 2 \langle \text{mo} \rangle$ $\langle \text{msup} \rangle$ $\langle \text{mrow} \rangle$ $\langle \text{math} \rangle$	x times y^2	$x \times y^2$

Tabela 4 - Exemplo MathJax

$$\begin{aligned}
 f(x) &= \left. \frac{-2x^2}{n\pi} \cos\left(\frac{n\pi x}{2}\right) \right|_0^2 + \int_0^2 \frac{4x}{2\pi} \cos\left(\frac{n\pi x}{2}\right) dx \\
 &= \left. \frac{-2x^2}{n\pi} \cos\left(\frac{n\pi x}{2}\right) + \frac{4x}{n\pi^2} \sin\left(\frac{n\pi x}{2}\right) \right|_0^2 + \left. \frac{8}{n^2\pi^3} \cos\left(\frac{n\pi x}{2}\right) \right|_0^2 \\
 &= \left[\frac{2}{\pi} \cos(n\pi) \left[\frac{4}{n^2\pi^2} - \frac{4}{n} \right] + \frac{8}{n\pi^2} \sin(n\pi) \right] - \left[\frac{2}{\pi} \cos(0) \left[\frac{4}{n^2\pi^2} \right] + 0 \right] \\
 b_n &= \frac{8}{n^2\pi^3} \left[(1 - n\pi^2) \cos(n\pi) - 1 \right] + \frac{8}{n\pi^2} \sin(n\pi) \quad n = 1, 2, \dots
 \end{aligned}$$

Figura 3 - Exemplos de renderização com MathJax

2.7.2 MathQuill

MathQuill [32] é uma ferramenta de renderização similar ao *MathJax*, porém aceita apenas *TeX* como entrada. A saída é fornecida apenas em *HTML* combinado com *CSS*.

MathQuill possui uma limitação que impossibilita o seu uso na *SearchOnMath*: a ferramenta não interpreta *TeX* por completo, ou seja, não é capaz de renderizar alguns elementos, como por exemplo matrizes.

TeX	Produto do MathQuill
$\log_{y}{x}$	$\log_y x$

Tabela 5 - Exemplo de renderização com MathQuill

2.7.3 KaTeX

Similar ao *MathJax*, *KaTeX* [43] é mais uma biblioteca escrita em *JavaScript* que permite a renderização de fórmulas na *web* a partir de código *TeX*. Essa ferramenta gera a fórmula em *HTML* combinado com *CSS*.

A *KaTeX*, porém, possui a mesma limitação que a *MathQuill* no sentido de que ainda não suporta *TeX* por completo: não renderiza matrizes, funções compostas, e diversos símbolos matemáticos, além de aceitar apenas *TeX* como entrada. Não fossem essas limitação, certamente teria sido usada no lugar do *MathJax* por possuir um desempenho consideravelmente superior para completar a renderização de fórmulas.

A figura 9 mostra um exemplo de renderização feito pelo *KaTeX*.

$$\begin{aligned}
f(x) &= \left. \frac{-2x^2}{n\pi} \cos\left(\frac{n\pi x}{2}\right) \right]_0^2 + \int_0^2 \frac{4x}{2\pi} \cos\left(\frac{n\pi x}{2}\right) dx \\
&= \left. \frac{-2x^2}{n\pi} \cos\left(\frac{n\pi x}{2}\right) + \frac{4x}{n\pi^2} \sin\left(\frac{n\pi x}{2}\right) \right]_0^2 + \left. \frac{8}{n^2\pi^3} \cos\left(\frac{n\pi x}{2}\right) \right]_0^2 \\
&= \left[\frac{2}{\pi} \cos(n\pi) \left[\frac{4}{n^2\pi^2} - \frac{4}{n} \right] + \frac{8}{n\pi^2} \sin(n\pi) \right] - \left[\frac{2}{\pi} \cos(0) \left[\frac{4}{n^2\pi^2} \right] + 0 \right] \\
b_n &= \frac{8}{n^2\pi^3} [(1 - n\pi^2) \cos(n\pi) - 1] + \frac{8}{n\pi^2} \sin(n\pi) \quad n = 1, 2, \dots
\end{aligned}$$

Figura 4 - Exemplo de renderização com KaTeX

2.8 SearchOnMath Webservice

2.8.1 Webservice

Webservice é um sistema de integração de sistemas. Serve para permitir a comunicação entre um sistema e aplicativos que acessem esse sistema, independentemente da plataforma.

2.8.2 JSON

O *Javascript Object Notation* (JSON) é um formato leve para a troca de dados entre sistemas na *web* [42].

2.8.3 O Webservice da SearchOnMath

O *Webservice* da *SearchOnMath* permite a obtenção do resultado da pesquisa em formato *JSON* [42], um formato leve para troca de dados. Esse serviço pode ser utilizado, por exemplo, para se exibir o resultado de uma busca de uma forma diferente da utilizada na página oficial, como é o caso do aplicativo desenvolvido nesse trabalho.

2.8.4 A Resposta do *WebService*

Como dito acima, o retorno da requisição enviada ao *WebService* é um objeto do tipo *JSON* da busca realizada (figura 11). Esse objeto possui os seguintes atributos:

- `currentPage`: indica a página de resultados atual;
- `errorCode`: código de erro para controle;
- `result`: um array contendo todos resultados da página atual. Cada resultado é também um objeto e contém seus próprios atributos:
 - `abst`: um resumo do texto presente na página deste resultado;
 - `equation`: a equação (TeX) presente na página deste resultado;
 - `sch`: diz de qual schema do banco de dados o resultado foi retornado;
 - `similarity`: valor no intervalo $(-\infty, 1]$ da similaridade da equação buscada com relação à equação retornada;
 - `title`: o título da página deste resultado;
 - `url`: endereço da página deste resultado;
- `totalPages`: número de páginas de resultado para paginação;
- `totalResult`: número total de resultados encontrados;

2.8.5 Caso de Uso

O *WebService* pode ser acessado a partir do seguinte endereço: <http://searchonmath.com/webservice/?equation=>, onde *equation* é o parâmetro da URL que deve conter a equação desejada codificada para transmissão através do protocolo *HTTP*.

A tabela 6 mostra um exemplo de uma equação em *TeX* codificada para o *HTTP* para o uso no *WebService* e a URL resultante.

$f(x) = \ln x$		
TeX	Codificada	URL resultante
$f\left(x\right) = \ln\{x\}$	$f\left(x\right)+\%3D+\ln\{x\}$	http://searchonmath.com/webservice/?equation=f\left(x\right)+\%3D+\ln\{x\}

Tabela 6 - Codificação HTTP

Neste exemplo, a página de resultado da busca seria como a mostrada na figura 10, e a resposta do *WebService* seria o *JSON* mostrado na figura 6. Como a resposta do *WebService* é bastante extensa textualmente, para efeito de demonstração, o *JSON* retornado simplificado para incluir apenas o primeiro resultado mostrado na figura 11.

Mean

$$f(x) = \ln x$$

In mathematics, mean has several different definitions depending on the context. In probability and statistics, mean and expected value are used synonymously to refer to one measure of the central tendency either of a probability distribution or of the random variable characterized by that distribution. In the case of a discrete probability distribution of a random variable X , the mean is equal to the sum over every possible value weigh...

Source: Wikipedia

Reference desk/Archives/Mathematics/2011 April 28

$$f(x) = \ln(x)$$

= April 28 = Let $f:\mathbb{R}^+\rightarrow\mathbb{R}$ be a positive increasing function with $\lim_{x\rightarrow\infty}\frac{f(3x)}{f(x)}=1$, then what will be the $\lim_{x\rightarrow\infty}\frac{f(2x)}{f(x)}$. I can straightaway think $f(x)=\ln(x)$, which satisfies some of the given conditions and satisfies the given limit condition. But how do we go about it without knowing the function? Thanks - DSachan (talk) 13:59, 28 April 2011 (UTC) :T...

Source: Wikipedia

Figura 5 - Resultado da busca por $f(x) = \ln x$

```

{
  "currentPage":1,
  "errorCode":0,
  "result":⊖ [
    ⊖ {
      "abst":"In mathematics, mean has several
different definitions depending on the
context. In probability and statistics,
mean and expected value are used
synonymously to refer to one measure of the
central tendency either of a probability
distribution or of the random variable
characterized by that distribution. In the
case of a discrete probability distribution
of a random variable X, the mean is equal
to the sum over every possible value
weigh...",
      "equation":"f(x) =\\ln x",
      "sch":"Wikipedia",
      "similarity":1.0,
      "title":"Mean",
      "url":"http://en.wikipedia.org/wiki/Mean"
    }
  ],
  "totalPages":10,
  "totalResults":100
}

```

Figura 6 - JSON retornado pelo Webservice

3

Revisão Bibliográfica

3.1 Considerações Iniciais

Com o lançamento do primeiro *iPhone* em 2007, o mercado de *smartphones* com tela de toque cresceu exponencialmente, tendo alcançado o número de 1.3 bilhões de dispositivos vendidos em 2014, incluindo todas as marcas e modelos. No ano de 2013 somente, esse mercado apresentou um crescimento de 26.3% [7].

3.2 Ferramentas de Busca Matemática

Uma das ferramentas mais usadas na internet é, sem dúvida, a ferramenta de busca. Em 2014, o motor de busca da Google teve uma média de 5.740.000.000 de acessos diários [36].

Entretanto, motores de busca como os famosos Google, Yahoo, e Bing, possuem uma limitação: somente realizam busca por conteúdo literal, procurando por palavras-chave em documentos, o que impede a pesquisa de conteúdo estritamente matemático, pois não é possível, em geral, expressar fórmulas dessa natureza com caracteres e texto usuais.

Os motores de busca matemática tem por objetivo facilitar a difusão de conhecimento matemático, permitindo que usuários pesquisem equações em bancos de dados famosos, como a *Digital Library of Mathematical Functions (DLMF)*.

Essa difusão é importante, pois atualmente existe uma grande quantidade de conteúdo científico e matemático que não são pesquisáveis, ou seja, não são encontrados por ferramentas de busca textuais.

A principal tarefa para o desenvolvimento de motores de busca matemática é a definição de um modo de se escrever fórmulas matemáticas. Sistemas de composição como o *TeX* têm sido usados para esse fim na escrita de artigos e livros. A ideia seria então construir um motor de busca que entenda essas linguagens matemáticas e realize a busca nos bancos de dados matemáticos.

O maior desafio é a comparação de fórmulas, essencial para que se possa selecionar resultados relevantes. Na matemática, duas fórmulas iguais podem ser escritas de formas diferentes, com símbolos diferentes, similar a duas palavras que têm o mesmo significado. A equação $(a - b)^2$, por exemplo, poderia ser escrita das seguintes formas: $(x - y)^2$, $(j - k)^2$, ou até mesmo $x^2 - 2xy + y^2$, dentre outras.

A partir de 2006, então, começaram a surgir protótipos de ferramentas de busca que solucionariam esse problema, como a *Wikimirs* e a *Tangent* [37].

3.2.1 *Wikimirs*

Wikimirs [39] é um projeto que tem por objetivo facilitar a busca de conteúdo matemático na biblioteca *Wikipedia*.

Idealizado em 2013, o *Wikimirs* é uma ferramenta de recuperação de informação matemática que pesquisa por fórmulas matemáticas baseando-se nas similaridades espaciais e textuais destas, utilizando um modelo de indexação e comparação desenvolvido para estruturas de apresentação de conteúdo matemático, como *TeX*.

Utilizando um sistema de árvores que mantém a estrutura e composição textual de fórmulas, em testes iniciais o *Wikimirs* mostrou-se eficiente em comparar fórmulas matemáticas, superando o *Wikipedia Search* e o *Egomath*.

O *Wikimirs* pode ser dividido em 4 módulos principais (figura 3):

Preprocessador: extrai as marcações *TeX* das fórmulas a fim de se normalizar as marcações;

Tokenizer: separa os termos indexáveis das marcações extraídas para permitir a comparação de modo eficiente;

Indexador: grava os termos extraídos pelo *tokenizer*;

Ranker: calcula o grau de similaridade entre os termos;

Quando uma fórmula é buscada na internet (pontilhado da figura 3), a *query* vai ser primeiramente transformada em *LaTeX* normalizado pelo preprocessor, e então os termos dessa *query* são gerados pelo *tokenizer*. Após essa etapa, os termos são analisados pelo *ranker*, que procura por fórmulas relevantes e calcula os graus de similaridade. Por último, uma lista de fórmulas indexadas é retornada ao usuário.

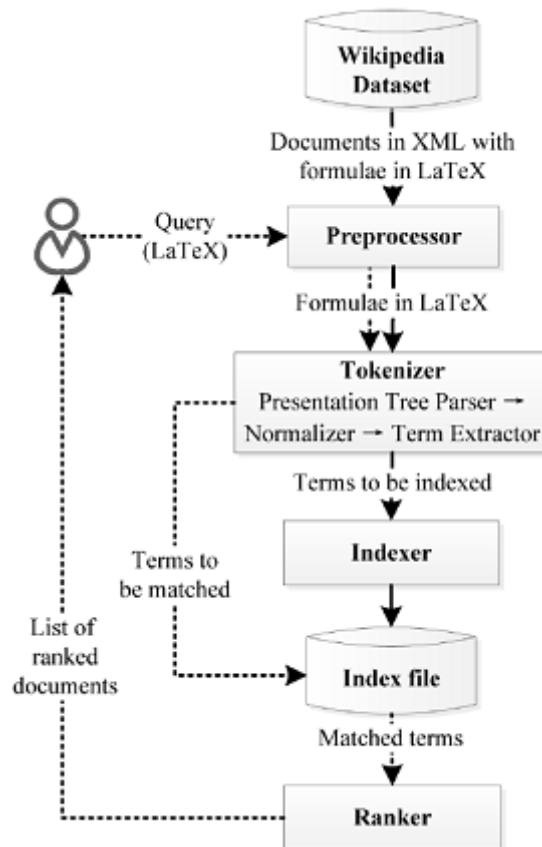


Figura 7 - Wikimirs Workflow [39]

3.2.2 Tangent

Lançado em 2014, o *Tangent* [38] (<http://saskatoon.cs.rit.edu/tangent>) é o primeiro motor de busca matemática que permite a usuários pesquisar documentos utilizando fórmulas e texto utilizando marcação *TeX*.

Essa ferramenta utiliza um sistema de indexação invertido como a maioria das ferramentas de recuperação de informação, porém com um diferencial: a indexação é feita sobre pares de símbolos, e não sobre um símbolo somente, como é o caso do *WikiMirs*.

Cada chave indexada é constituída de um par de símbolos matemáticos e seu grau de diferença com relação a uma expressão (papel do *ranker* no *WikiMirs*). O resultado é um motor de busca que retorna resultados satisfatórios em tempo curto.

O *Tangent* é a ferramenta disponível que mais se aproxima da *SearchOnMath* em questão de funcionalidade, porém possui uma interface arcaica, sem teclado auxiliar para auxiliar a escrita de fórmulas matemáticas complexas, e não oferece a mesma robustez, como limitação do escopo de busca a um determinado banco de dados e reconhecimento de fórmulas estruturalmente iguais escrita com termos diferentes de forma eficiente. Adicionalmente, não possui aplicativos móveis.

A figura 4 mostra a interface e um exemplo de pesquisa no *Tangent*. Nela, é possível verificar que essa ferramenta não possui um método de auxiliar na escrita do código *TeX*, de modo que o usuário deve ser bem versado na linguagem.



Tangent

19279 results found in 1278 ms (945 ms parsing, 334 ms searching).

$x^2 + y^2$
Document: [Wikipedia - Absolutely irreducible](#)
Score: 1.000 - [Edit query](#) - [Search for this](#)

$x^2 + y^2,$
Document: [Wikipedia - Conic section](#)
Score: 0.824 - [Edit query](#) - [Search for this](#)

$\sqrt{x^2 + y^2}$
Document: [Wikipedia - Norm \(mathematics\)](#)
Score: 0.737 - [Edit query](#) - [Search for this](#)

Figura 8 - Uma busca no Tangent
(<http://saskatoon.cs.rit.edu/tangent/?query=x%5E2%20%2B%20y%5E2>)

3.3 Aplicativos Móveis no Contexto de Utilitários Matemáticos

Muitos são os aplicativos existentes visando auxiliar os usuários na realização de operações matemáticas em geral.

Em Chavan [19], é desenvolvido um aplicativo que visa permitir que o usuário resolva equações matemáticas sem precisar escrevê-las manualmente, ou seja, o usuário apenas capturaria a imagem (foto) que contivesse a equação linear e o aplicativo a resolveria.

O aplicativo *Pre-Algebra* [20] tem por objetivo ser um professor de matemática pessoal. Neste aplicativo é simulado uma sala de aula de matemática de escola particular, onde o usuário é único aluno.

Procurando disponibilizar aos usuários fórmulas matemáticas para possíveis utilizações, o aplicativo *Math Formulas* [21] destaca-se por conter o maior número de fórmulas variadas e permitir que os próprios usuários possam sugerir outras não inseridas.

Dado o caráter inovador do trabalho a ser desenvolvido, não foram encontrados trabalhos correlatos nas linhas de aplicativos *mobile* que permita a realização de buscas matemáticas.

3.3.1 *Symbolab*

Symbolab [25] é uma ferramenta matemática educacional. Ela permite aos usuários aprender, praticar e descobrir tópicos matemáticos utilizando-se linguagem matemática, isto é, símbolos matemáticos, e notações científicas. Essa ferramenta, ainda, provê soluções passo-a-passo para equações algébricas, trigonométricas, e problemas de cálculo. Essa ferramenta teve início em 2012, e inicialmente fornecia também serviços de busca matemática, similar ao fornecido pela *SearchOnMath*.

Na época, o objetivo da *Symbolab* era de expandir o universo de busca para notações matemáticas e científicas, ajudando na aprendizagem e pesquisa de conteúdos dessa natureza. Entretanto, esse serviço de busca não existe mais, eliminando assim a similaridade com a *SearchOnMath*. O restante do objetivo da *Symbolab*, porém, continua válido: pode-se dizer que a *Symbolab* agora é uma calculadora passo-a-passo.

A ideia de desenvolver a ferramenta surgiu quando um estudante terminando seu mestrado em matemática recebeu a tarefa de analisar uma equação conhecida como Equação *Schrödinger* Não Linear [35]. Na época, o idealizador da *Symbolab*, Adam Arnon, relata ter tentado buscar informações sobre essa equação em diversos mecanismos de busca, descrevendo-a de diversas formas, mas não obteve resultados úteis.

Foi nesse ponto que ele percebeu que existe uma grande quantidade de conteúdo científico espalhado em artigos e páginas da *web* que são impossíveis de serem pesquisados, e assim ele teve a ideia de criar um motor de busca de conteúdo científico que solucionaria este problema.

A figura 5 mostra a página inicial da *Symbolab*, seguida de um exemplo de resolução de um problema matemático (figura 6). As figuras 7 e 8 ilustram a versão *mobile* da ferramenta. Na figura 7 é possível ver a interface inicial, e na 8 um exemplo de resolução.

Symbolab

[Formatting tips »](#)

Basic	$\alpha\beta\gamma$	A B Γ	sin cosh	$\geq \neq \pm$	\bar{x} C κ	Σ \int Π	$\partial u/\partial x$	$\hbar k_B$	CO ₂	
-------	---------------------	--------------	----------	-----------------	----------------------	-----------------------	-------------------------	-------------	-----------------	--

x_n	x^y	$\sqrt{\quad}$	Σ	\int	$\frac{\partial}{\partial}$	∞	α	β	π	Δ
x_n^y	$ x $	\bar{x}	lim	Π	$\frac{d}{dx}$	ε	γ	δ	λ	Γ
\leq	\geq	\rightarrow	∇	\times	∂	\cdot	sin	cos	tan	ln

Go

Examples for step-by-step solutions

<div style="border-bottom: 1px solid #ccc; padding: 2px 5px;">Integral steps 🔍</div> <div style="padding: 5px; text-align: center;">$\int (x^2 + ax - 3)^2 dx$</div>	<div style="border-bottom: 1px solid #ccc; padding: 2px 5px;">Derivative steps 🔍</div> <div style="padding: 5px; text-align: center;">$\frac{d}{dx}(\sin^2(x))$</div>	<div style="border-bottom: 1px solid #ccc; padding: 2px 5px;">Limit steps 🔍</div> <div style="padding: 5px; text-align: center;">$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin(x)}{x}$</div>
--	---	---

[See more »](#)

Figura 9 - Interface web da Symbolab

$$\int (x^2 + ax - 3)^2 dx$$

Go

Graph » Examples »

Solution

$$\int (x^2 + ax - 3)^2 dx = \frac{x^4 a}{2} + \frac{x^3 a^2}{3} - 3x^2 a + \frac{x^5}{5} - 2x^3 + 9x + C$$

Show Steps »

[click here to practice integrals](#) »

Graph

Plotting: $(x^2 + ax - 3)^2$ assuming $a = 1$

« Hide Plot

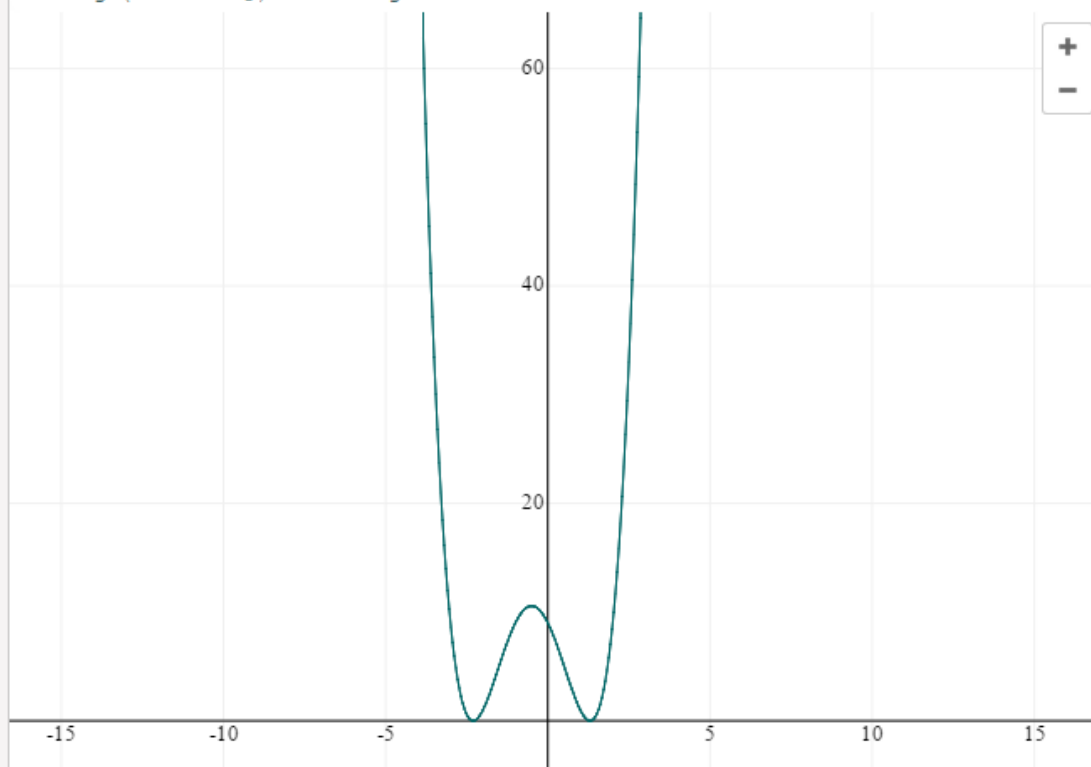


Figura 10 - Exemplo de resolução de uma integral pela Symbolab web

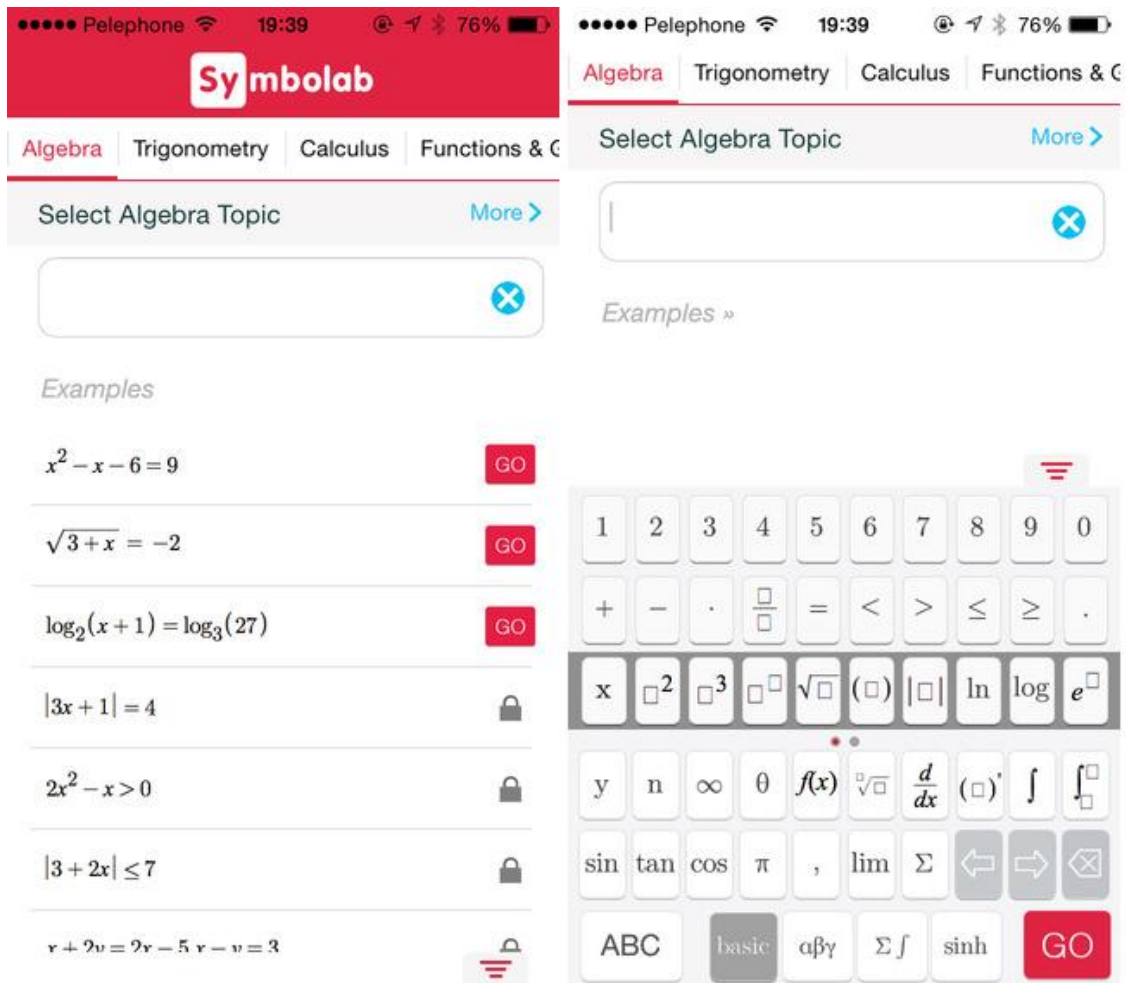


Figura 11 - Interface aplicativo móvel Symbolab I

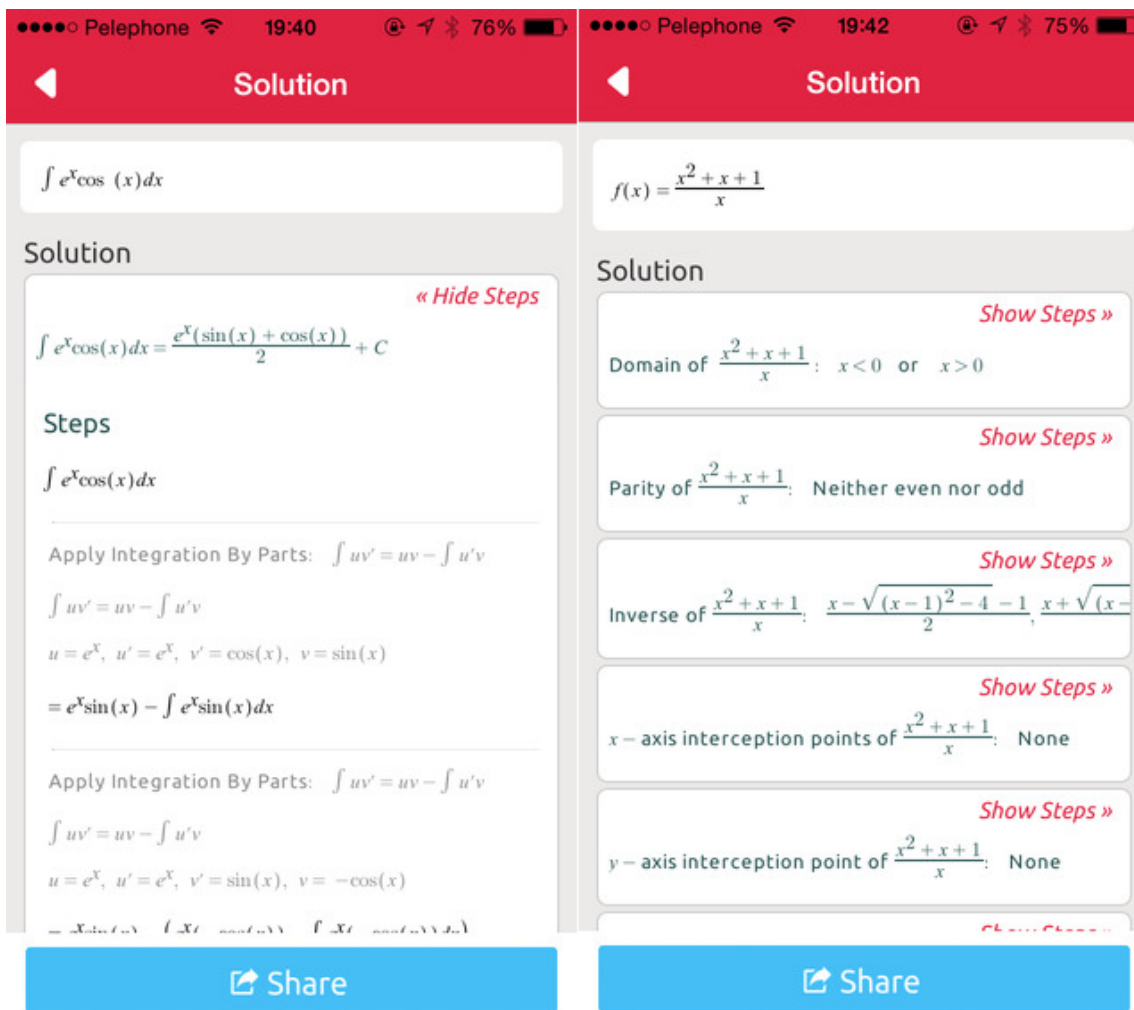


Figura 8 - Interface aplicativo móvel Symbolab II

3.4 Aplicativos Móveis no Contexto de Ferramentas de Busca

Dada a grande importância da utilização de ferramentas de busca pela web, ultimamente tem-se desenvolvido um grande número de aplicativos visando expandir a mobilidade destes serviços.

O aplicativo *DuckDuckGo* [12], também disponível para outras duas plataformas (*Android* e *BlackBerry*), vem com melhorias da proposta utilizada no seu motor de busca disponível na web. *DuckDuckGo* apresenta-se como um motor

de busca capaz de oferecer privacidade ao usuário, ou seja, não recolhe ou compartilha suas informações pessoais, além do que apresenta-se como um motor de busca inteligente baseado em histórias.

O aplicativo *Smart Search & Web Browser* [13], possui a particularidade de realizar buscas a partir de diversos mecanismos de buscas inteligentes existentes como Google, Amazon e Wikipedia.

Um outro segmento que tem surgido com a crescente criação de aplicativos *mobile* são ferramentas de busca utilizadas para encontrar um determinado aplicativo, seja ele de qualquer plataforma, conforme a escolha realizada pelo usuário.

O aplicativo *Mobilewalla* (MW) [14] é um aplicativo de ferramenta de busca que permite encontrar aplicativos de maneira imparcial, ou seja, de qualquer plataforma, através da capacidade de busca semântica e de um mecanismo de pontuação de objetivos.

Percebe-se também um crescente desenvolvimento de aplicativos de motores de busca utilizados para objetivos em específicos.

O aplicativo *Job Search* [15], um abrangente motor de busca utilizado para encontrar empregos, permite que o usuário, a partir de uma única pesquisa, tenha acesso a milhões de postos de trabalho a através de milhares de sites de empresas e sites de empregos.

No setor turístico, podemos citar o aplicativo *liligo: flight, hotel, holiday and car hire - search engine* [16] que realiza buscas através de sites diferentes de viagem, permitindo que os usuários encontrem imediatamente voos, hotéis, carros para aluguel, e muito mais.

No contexto de buscas por imagens, o aplicativo *ImageSearch Pro* [17] destaca-se por oferecer aos usuários a capacidade de buscar imagens por diferentes cores, formatos, tamanhos, níveis de segurança e domínios específicos.

Na gastronomia, um aplicativo de busca com grande destaque é o *Recipe Search for iPhone* [18]. Com este aplicativo é possível encontrar milhares receitas disponíveis em diversos sites diferentes.

4

Metodologia

Para este trabalho foi verificado se o desenvolvimento de um aplicativo móvel para a *SearchOnMath* era justificado através de uma análise de mercado e do número de acessos de origem *mobile*.

Para isso, foram feitas pesquisas da evolução e da projeção de crescimento do mercado de *apps* para *iPhone*. Alguns dos números disponibilizados pela empresa criadora Apple e são surpreendentes:

- cerca de 50 bilhões de downloads únicos de aplicativos [3];
- cerca de 700 milhões de iPhones vendidos [6];

Além desses números, foi verificado que acessos à *SearchOnMath* a partir de dispositivo móveis são de fato significativos, totalizando aproximadamente 46% dos acessos no período de 01/01/2015 à 20/06/2015.

4.1 Loja de Aplicativos para *iPhone* em Números

Em 2 de junho de 2014, na Conferência Mundial de Desenvolvedores da *Apple* (*Apple Worldwide Developer's Conference - WWDC*) [23], a companhia anunciou que sua loja de aplicativos para dispositivos móveis agora tem 1.2 milhões de aplicativos, um crescimento de 33% em comparação com o ano anterior, quando a *Apple* anunciou que a loja teria 900,000 aplicativos, em 10 de junho de 2013 [24].

Ainda na conferência de junho de 2013, a companhia disse também que teria pago 10 bilhões de dólares a desenvolvedores de aplicativos. Esse número chegou a 13 bilhões em outubro do mesmo ano.

Um outro número importante ao estudo de custo-benefício desse projeto foi também revelado: na WWDC de 2013, a *Apple* divulgou que usuários teriam baixado 50 bilhões de aplicativos [24], número esse que subiu para 75 bilhões em junho de 2014, um crescimento de 40% em um ano [23].

4.2 Acessos à *SearchOnMath*

Aproximadamente 46% do total de acessos a *SearchOnMath* partiram de dispositivos móveis desde o início de 2015 até 20 de junho do mesmo ano, ou seja, quase metade dos acessos tiveram origem móvel, o que responde a questão da relevância do mercado móvel para a ferramenta de busca.

4.3 Desenvolvimento do Aplicativo

O aplicativo foi desenvolvido utilizando-se a *IDE XCode* e a linguagem *Objective-C*. Essa *IDE* foi desenvolvida pela *Apple* especialmente para desenvolvimento de programas para seus sistemas operacionais, móveis ou não.

A linguagem *Objective-C* foi escolhida porque é a linguagem na qual aplicativos para *iPhone* são desenvolvidos de um modo geral.

4.3.1 Desenvolvimento das Telas

Antes do início do desenvolvimento do aplicativo, foi desenhado um protótipo das telas e um diagrama de sequência, destacando-se as principais transições. Na figura 12, é mostrado o esboço inicial do fluxo de telas, e na figura 13 o fluxo final, desenhado após o término do desenvolvimento.

Durante o desenvolvimento desse protótipo, chegou-se a conclusão de que o aplicativo deveria ser composto de duas telas principais: a tela inicial, onde o usuário informa a fórmula matemática a ser buscada, e uma tela de apresentação de resultados.

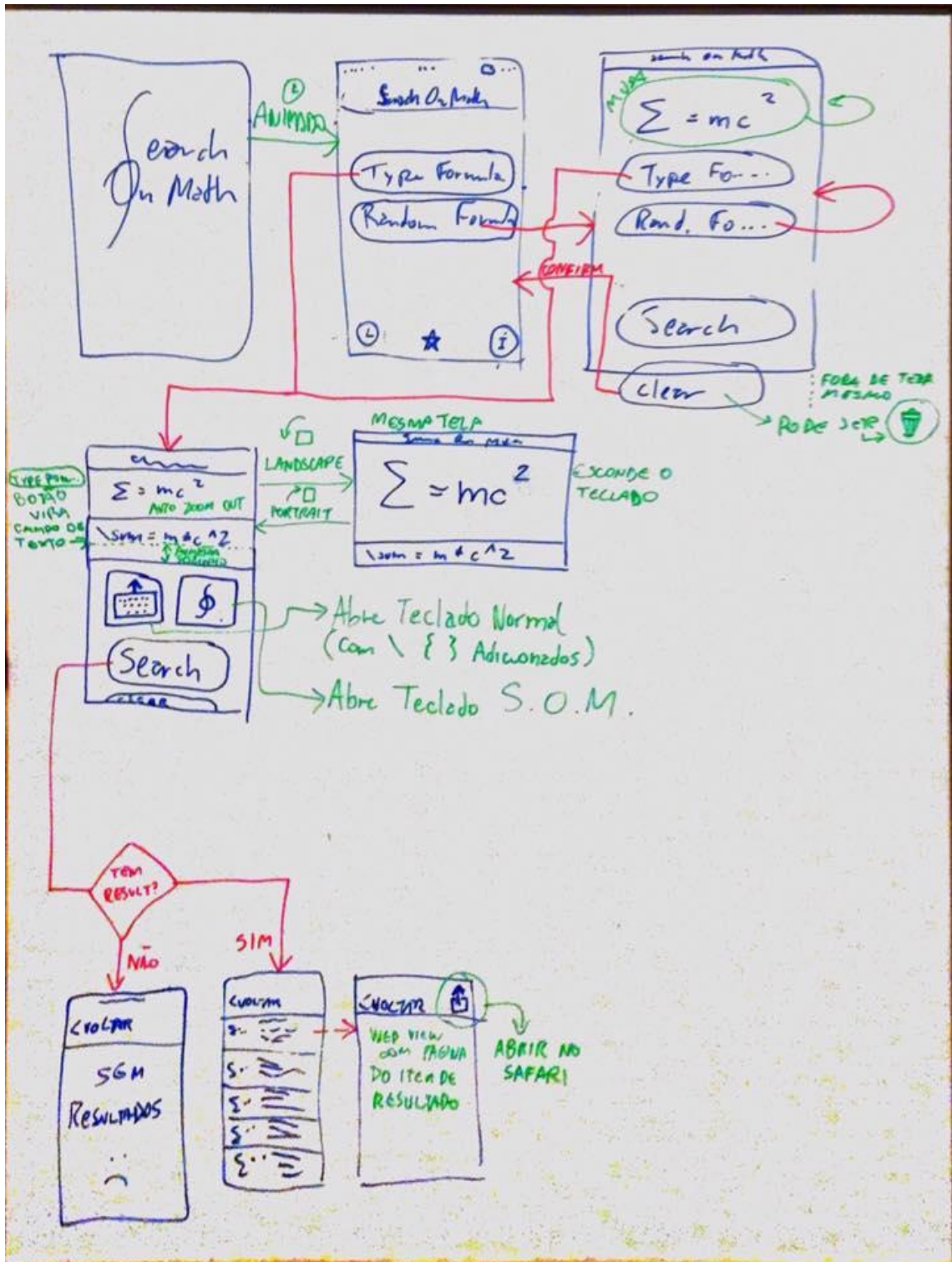


Figura 12 - Esboço inicial do fluxo de telas

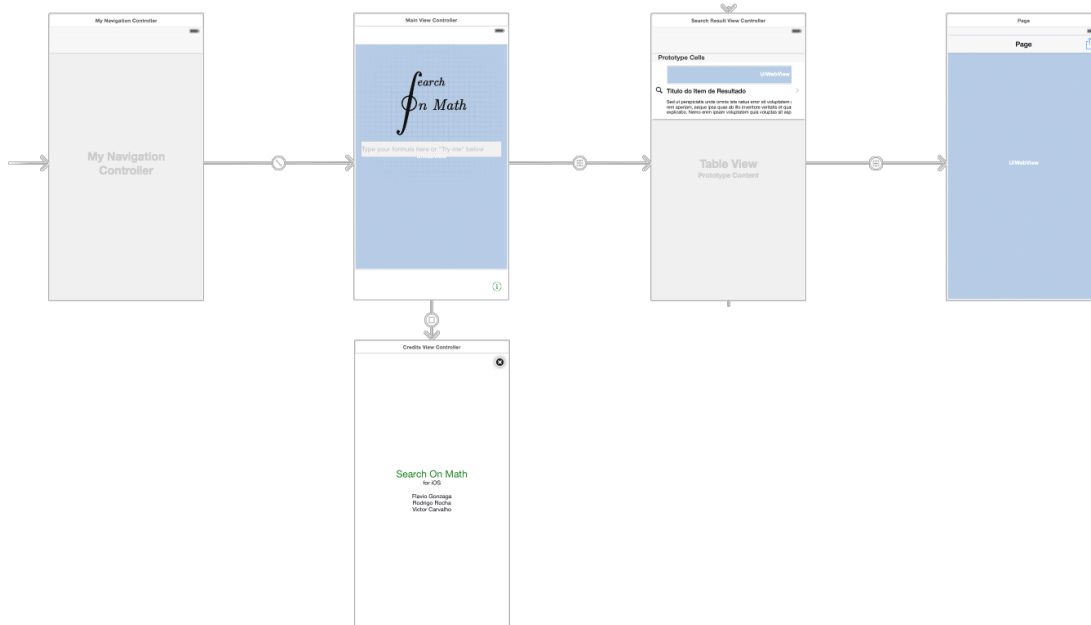


Figura 13 - Versão final do fluxo de telas

4.3.1.1 Tela Inicial

A tela inicial (figura 14) possui um design minimalista, contendo apenas o logo da *SearchOnMath*, um campo para escrever a fórmula a ser buscada e um botão intitulado *Try Me!*. Esse botão foi criado para que novos usuários testem o aplicativo sem a necessidade de terem que escrever fórmulas manualmente ou até mesmo saberem *TeX*.

Ao clicar no botão *Try Me!*, uma fórmula é aleatoriamente selecionada a partir de um conjunto pré-definido de fórmulas (figura 15, apêndice A). O botão foi uma alternativa interessante para que o aplicativo pudesse ser testado rapidamente pelos desenvolvedores e usuários.



Figura 14 - Tela inicial

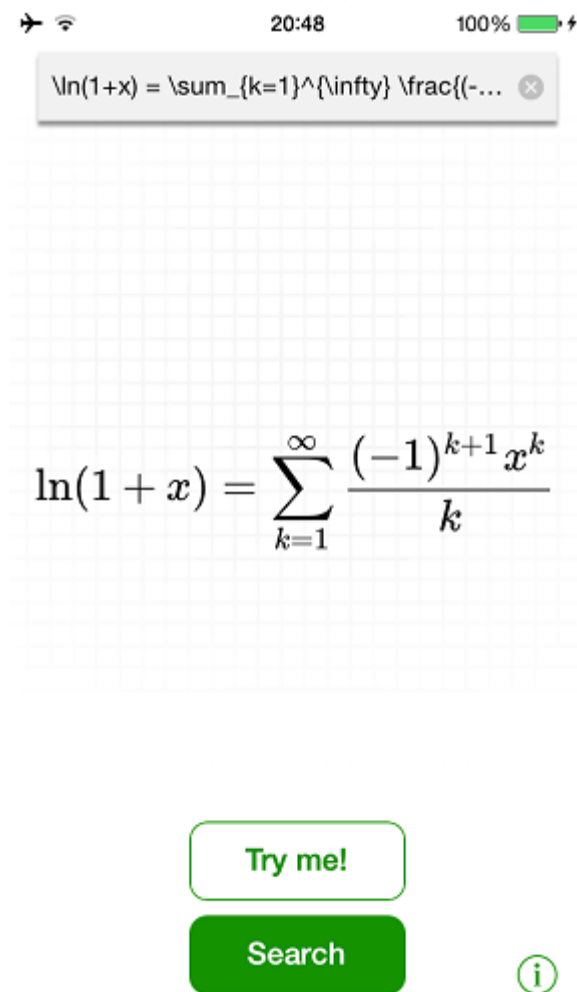


Figura 15 - Fórmula gerada a partir do Try Me! (o logo é ocultado para facilitar a visualização).

4.3.2 Desenvolvimento do Teclado Matemático

Fórmulas matemáticas podem ser complexas, requerendo símbolos não convencionais para serem escritas, tais como as letras grega beta (β) e sigma (Σ).

Na versão *web* da ferramenta, existe um teclado matemático especial na página inicial (figura 16) para que os usuários consigam escrever fórmulas com símbolos e letras não convencionais. Este teclado, porém, é grande, ocupa muito espaço, o que é muito limitado em dispositivos móveis como *smartphones*.

Para solucionar esse problema, foi necessário o desenvolvimento de um teclado espacial para o aplicativo (figura 17). Assim, quando o usuário clica no

campo de texto para escrever a fórmula que deseja procurar, o teclado customizado é exibido, e não o convencional utilizado por padrão em campos de texto no *iPhone*.

O teclado especial conta ainda com teclas que auxiliam na movimentação do cursor (setas verdes na figura 17), uma vez que é problemático posicionar o cursor com toque.

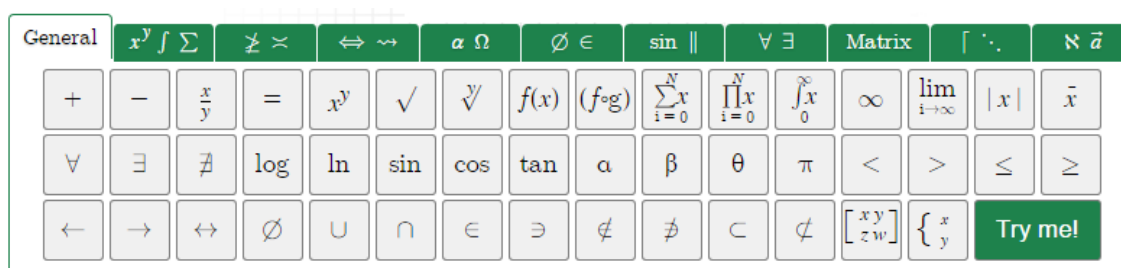


Figura 16 - Teclado da versão web



Figura 17 - Teclado da versão mobile

4.3.3 Das Questões de Usabilidade

Um grande desafio no desenvolvimento de aplicativos móveis é o espaço limitado da tela. No contexto do aplicativo desenvolvido no trabalho, o desafio foi fornecer ao usuário um modo de se escrever fórmulas matemáticas complexas, e o modo de apresentar os resultados obtidos na pesquisa.

Durante a fase de planejamento, alguns usuários em potencial foram consultados com esboços do projeto a fim de se coletar dados sobre a usabilidade do aplicativo.

A solução para o problema da escrita matemática mais conveniente e previsível para o usuário foi desenvolver um teclado especial que substitui o teclado convencional do *iPhone*, que será exibido ao usuário assim que o campo de pesquisa for selecionado.

Com relação à apresentação dos resultados, o desafio era exibir uma quantidade grande de informação de forma concisa. Na versão *web*, cada resultado é acompanhado do título da fórmula encontrada, da fórmula encontrada, da fonte onde o resultado foi encontrado, e parte do texto contido nessa página (figura 18).

Law of total probability

$$\Pr(A) = \sum_n \Pr(A \cap B_n)$$

In probability theory, the law (or formula) of total probability is a fundamental rule relating marginal probabilities to conditional probabilities. It expresses the total probability of an outcome which can be realized via several distinct events, hence the name. The law of total probability is the proposition that if $\{\{B_n : n = 1, 2, 3, \dots\}\}$ is a finite or countably infinite partition of a sample space (in other word...

Source: Wikipedia

Figura 18 - Um resultado na versão *web*

Esse problema foi solucionado reduzindo-se o texto exibido, e exibindo todas as informações em orientação vertical (figura 19).

Além da quantidade de informações, há ainda a questão de paginação e do campo de texto da busca, que deveria também ser acessível a partir da tela de resultado.

O projeto mais intuitivo para essas duas questões foi desenvolver a paginação em forma de uma lista de resultados contínua, de modo que o usuário apenas precisa rolar a tela para que novos resultados sejam exibidos (figura 20).

Já para a questão do campo de texto contendo a fórmula buscada, o modo mais eficiente de se permitir o acesso requerido foi ocultar esse campo no topo da tela enquanto o usuário navega sobre os resultados, e exibi-lo quando o usuário rola a tela para baixo (figura 21), comportamento similar ao de navegadores web para dispositivos móveis com relação ao campo onde o usuário informa o endereço de uma página web.

A tela de resultados possui ainda uma outra funcionalidade: a de buscar um resultado obtido a partir de um clique do mouse, passando-o sobre a fórmula do resultado (rebuscar).

Essa funcionalidade é interessante pelo fato de que não é sempre que uma busca retorna um resultado com fórmula idêntica à buscada. Quando isso acontece, o usuário então pode analisar os resultados e submeter qualquer um deles para ser buscado.

A figura 22 mostra a fórmula buscada, um dos resultados obtidos, e o sistema de rebuscagem (botão Search! ao lado do resultado). Esse sistema está também implementada na versão *mobile* da *SearchOnMath*, basta que o usuário toque na lupa ao lado de cada resultado (figura 19).

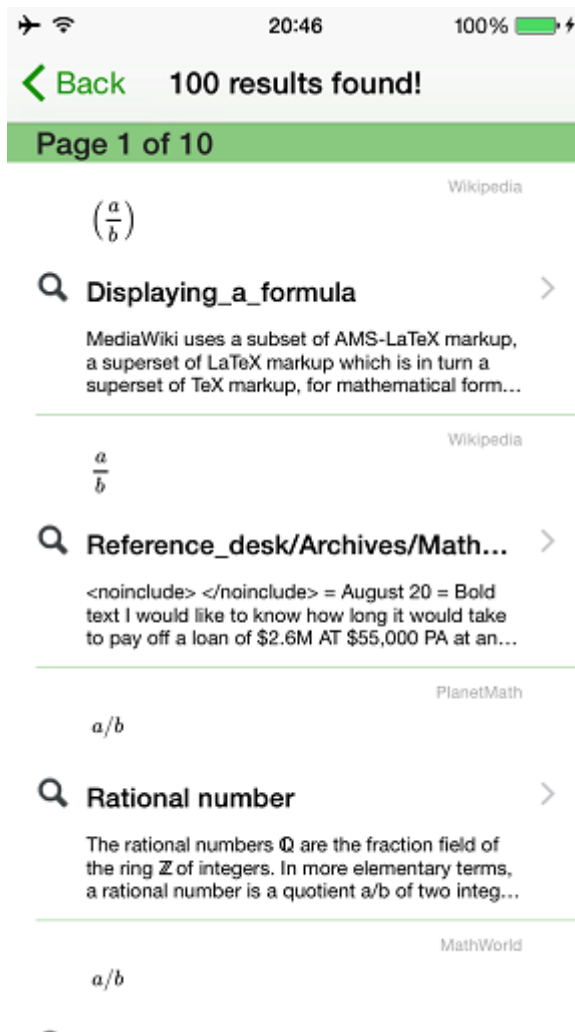


Figura 19 - Resultados no aplicativo

Page 1 of 10

Hypocycloid

The curve produced by fixed point P on the circumference of a small circle of radius b rolling around the inside of a large circle of radius a&g...

MathWorld

a/b

Diagonal

A diagonal of a square matrix which is traversed in the "southeast" direction. "The" diagonal (or "main diag...

Page 2 of 10

PlanetMath

a/b

Well-defined

A mathematical concept is well-defined (German wohldefiniert, French bien défini), if its contents is independent on the form or the alternative re...

MathWorld

a/b

Symmetric Bilinear Form

A symmetric bilinear form on a vector space V is a bilinear function $Q:V \times V \rightarrow \mathbb{R}$ (1) which satisfies $Q(v,w)=Q(w,v)$. For example, if A is a n...

Figura 20 - Paginação na versão mobile

$$e^x = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{x^k}{k!}$$

[Reference desk/Archives/Mathematics/2006 October 21](#)

Search! $e^{ix} = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(xi)^k}{k!}$

=October 21= Hi. I'm developing an idea for a peice of art which basically consists of a sheet of glass held up in a frame. On the glass in thick marker pen, I want some mathematical calculations written on one side, much like a teacher would write on a blackboard. The peice will be visible from both sides. Although I know very little maths, the notation and symbols used are very pleasing and beautiful to look a...

Source: Wikipedia

Figura 21 - Sistema de rebuscagem na versão web

5

Resultados

O aplicativo final foi testado do ponto de vista técnico e do usuário final, afim de se obter opiniões sobre a usabilidade geral do sistema, em busca da resposta à problematização do presente projeto: será possível criar um aplicativo para a ferramenta de busca matemática *SearchOnMath*, que seja tão eficiente, rápida, e de grande usabilidade quanto a versão disponível para *web*?

Com relação aos testes técnicos, o aplicativo funciona como esperado, fornecendo todas as funcionalidades presentes na versão *web* da *SearchOnMath*.

Com relação à questão da usabilidade, foi possível desenvolver todas as telas da maneira desejada, de modo a se acomodar todas as funcionalidades requeridas de forma concisa, intuitiva e previsível.

Durante o desenvolvimento, várias ferramentas foram testadas a fim de se obter o maior grau de similaridade com a versão *web* da *SearchOnMath*.

Para auxiliar na renderização das fórmulas *TeX* em tempo real, foram testados *KaTeX*, *MathQuill*, e *MathJax*. As duas primeiras se mostraram funcionalmente limitadas, ao passo que *MathJax* funcionou como esperado. Além disso, *MathJax* é utilizado também na versão *web* da *SearchOnMath*.

A replicação do teclado matemático presente na versão *web* se mostrou um desafio. Foram feitos dois testes para tentar chegar ao maior grau de usabilidade sem comprometer a funcionalidade. A primeira ideia foi implementar um botão que quando pressionado exibiria um teclado com símbolos matemáticos na tela. Essa ideia, entretanto, se mostrou problemática devido ao posicionamento do teclado: a posição ideal seria em cima do teclado convencional, porém não foi possível posicioná-lo de tal maneira.

Além disso, esse posicionamento traria outros problemas. Quando o usuário clicasse no campo de texto, o teclado convencional seria exibido em cima do

teclado matemático, e o matemático em cima do convencional quando requisitado. Isso trouxe uma série de conflitos e por isso a ideia foi descartada.

A solução ideal foi implementar o teclado matemático junto ao convencional, utilizando um sistema de abas. Cada aba, quando selecionada, exibe teclas diferentes.

Houve, ainda, uma preocupação com a facilidade de acesso a símbolos matemáticos e símbolos utilizados para escrever *TeX* que são frequentemente utilizados. Esses símbolos foram colocados junto às abas do teclado, permitindo que o usuário os acesse a qualquer momento. Exemplo desses símbolos são as chaves (`{` e `}`) e a barra invertida (`\`).

5.1 Caso de Uso

As figuras a seguir ilustram os passos para se realizar uma busca usando o aplicativo produzido. Cada figura ilustra a transição de telas conforme o usuário realiza uma busca.

Na figura 22, tem-se a tela inicial, exibida assim que o aplicativo é aberto (esquerda), e a tela resultando após o usuário clicar no campo de texto (direita).

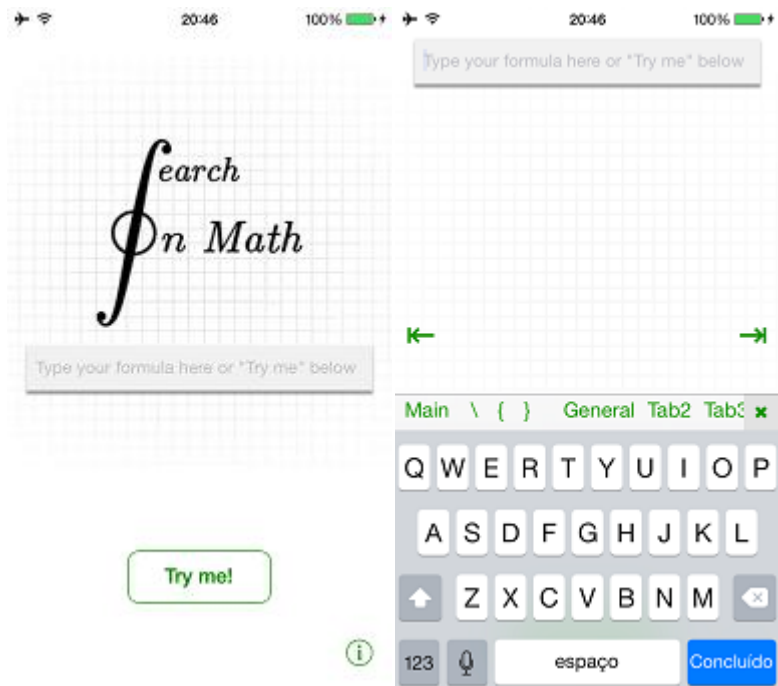


Figura 22 - Transição 1: tela inicial após clicar no campo de texto

Na figura 23, é ilustrada a transição da tela de busca para a tela de resultados. Na parte da esquerda, tem-se a sequência da tela da direita da imagem anterior, após o usuário escrever uma fórmula. Na parte da direita, é ilustrada a tela de carregamento do resultado. Essa tela é exibida assim que o usuário submete a fórmula para ser buscada.

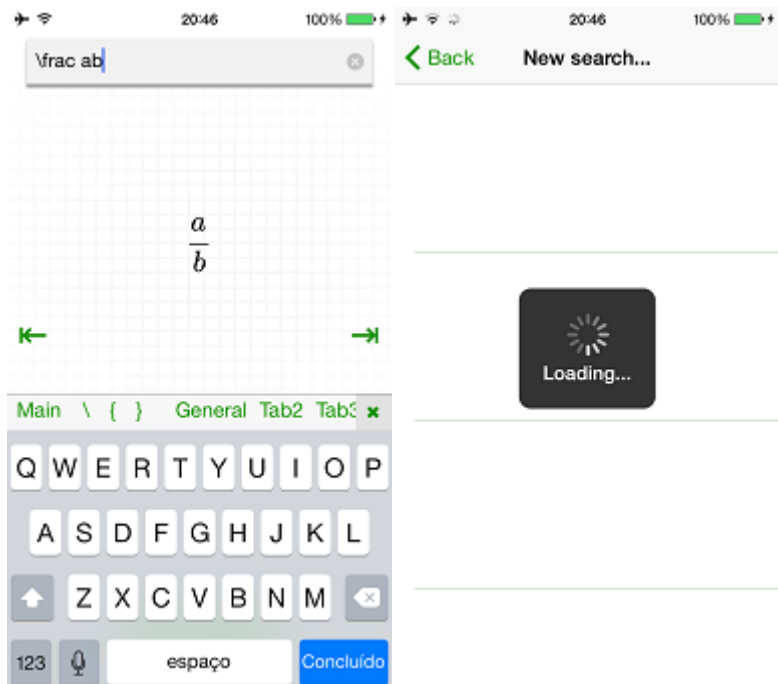


Figura 23 - Transição 2: da escrita da fórmula para a tela de resultados

Na figura 24, pode-se ver a tela de resultados carregada (esquerda), a qual é a sequência da parte da direita da figura anterior. Já na parte da direita, tem-se a ilustração do sistema de paginação do aplicativo. O usuário teria, então, rolado a tela para cima para ir até a segunda página de resultados. A animação de *loading* é exibida enquanto a página 2 é carregada.

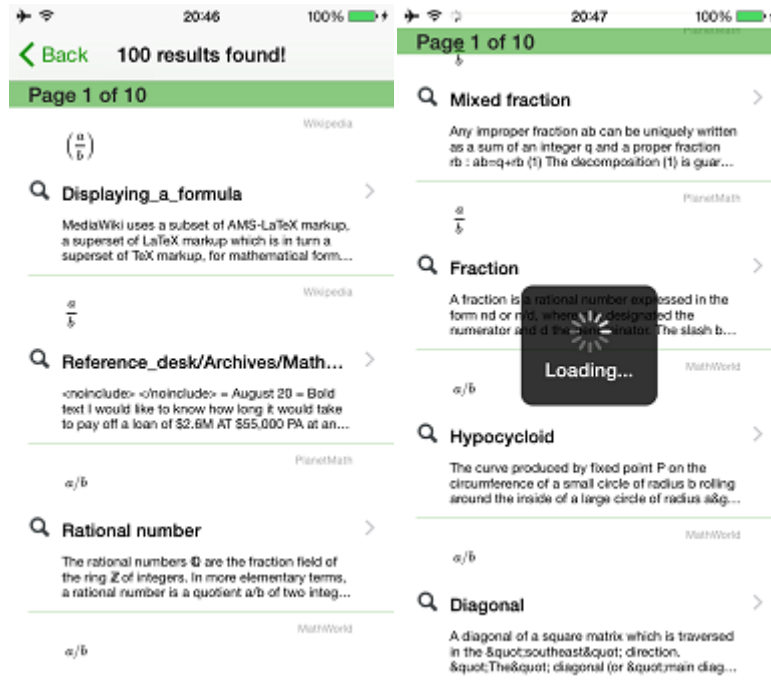


Figura 24 - Transição 3: mudança de página na tela de resultados

Na figura 25, na parte da esquerda, tem-se a sequência do carregamento da segunda página de resultados, ilustrando como o aplicativo divide os resultados em cada página (faixa verde contendo o texto *Page 1 of 10* e *Page 2 of 10*). Do lado direito, é ilustrada a transição de telas que ocorre após o usuário clicar em um determinado resultado. Nesse caso, uma página da *Wikipedia* contendo o resultado foi aberta.

O botão no canto superior direito dessa imagem serve para que o usuário possa abrir a página requisitada em um navegador *web*, ou seja, fora do aplicativo. Já o botão *Back* serve para retornar a tela anterior.

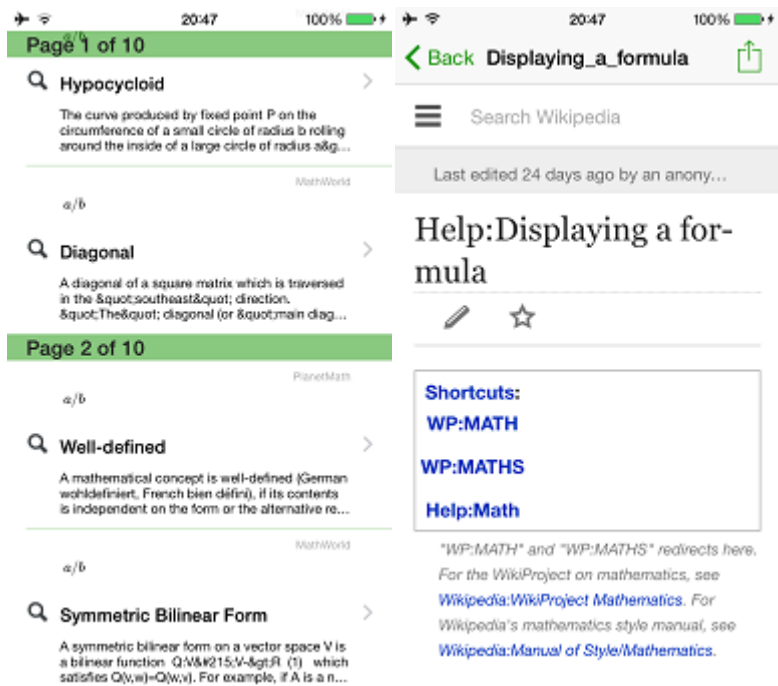


Figura 25 - Transição 4: após tocar em algum resultado

6

Conclusão

O aplicativo final apresentou-se ágil, intuitivo e com alto grau de usabilidade, atendendo bem à justificativa e problematização deste trabalho.

Anteriormente, o usuário que acessava a *SearchOnMath* a partir de dispositivos móveis necessitava de usar a versão *web* da ferramenta através de um navegador *web* móvel, o que gerava grandes problemas de usabilidade, principalmente porque a versão web da ferramenta não considera o tamanho da tela do dispositivo através do qual ela está sendo acessada.

Dentre esses problemas de usabilidade, pode-se citar dois principais: a forma de o usuário escrever a fórmula matemática a ser buscada e a disposição dos resultados.

O teclado exibido na figura 16, página 53, se torna problemático quando tem que ser usado em dispositivos de tela pequena, e a organização dos resultados também, pois a quantidade de informação a ser exibida é grande (figura 18, página 54).

Esses problemas poderiam desencorajar novos usuários, porém com o lançamento do aplicativo móvel eles serão solucionados, de modo que espera-se que o número de usuários total e móveis aumente mais rapidamente.

7

Trabalhos Futuros

Atualmente, a *SearchOnMath* possui projeto de aplicativo *mobile* em desenvolvimento para *iPhone* e *Android*. Entretanto, o *design* desses aplicativos são diferentes, e é importante que isso seja corrigido, ou seja, que o *design* seja um só, independentemente da plataforma. Desse modo, o usuário não precisará aprender como usar o mesmo aplicativo novamente caso ele troque de dispositivo móvel.

Adicionalmente, o teclado matemático atual pode ser melhorado com a inclusão de uma aba de teclas usadas recentemente e uma para fórmulas usadas recentemente, de modo a agilizar o uso. Outro detalhe importante com relação ao teclado, é que ele possui teclas fixas junto às abas, como os símbolos $\{$, $\}$, e \backslash . Esses símbolos são fixos por serem os mais usados, porém, isso pode variar de usuário para usuário, de modo que é interessante que esses botões sejam personalizáveis.

Por último, desenvolver um aplicativo para a *SearchOnMath* para a plataforma *Windows Phone*.

8

Referências Bibliográficas

[1] Kochan, G., Stephen. **Programming in Objective-C, 6 ed.** Developer's Library, 2013.

[2] Knuth, Donald E. **The TeXbook.** Addison-Wesley Publishing Company, 1984.

[3] **Apple's App Store Marks Historic 50 Billionth Download.** Disponível em: <<http://www.apple.com/pr/library/2013/05/16Apples-App-Store-Marks-Historic-50-Billionth-Download.html>>. Acesso em 04 de maio de 2015.

[4] **Usability.** Disponível em <<https://en.wikipedia.org/wiki/Usability>>. Acesso em 15 de junho de 2015.

[5] **Aplicativo Móvel.** Disponível em <https://pt.wikipedia.org/wiki/Aplicativo_m%C3%B3vel>. Acesso em 16 de junho de 2015.

[6] **How Many iPhones Have Been Sold Worldwide?** Disponível em <<http://ipod.about.com/od/glossary/f/how-many-iphones-sold.htm>>. Acesso em 16 de junho de 2015.

[7] **Smartphone.** Disponível em <https://en.wikipedia.org/wiki/Smartphone#Early_years>. Acesso em 16 de julho de 2015.

[8] **Worldwide Smartphone Growth Forecast to Slow from a Boil to a Simmer as Prices Drop and Markets Mature, According to IDC.** Disponível em

<<http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS25282214>>. Acesso em 16 de julho de 2015.

[9] Lopes, G .F. F.; **Visualizador de ECG para plataforma Android**. Departamento de Universidade de Aveiro, Telecomunicações e Informática, 2010.

[10] Montoya, F.G; Gómez J.; Cama A.; Zapata-Sierra A.; Martínez F.; Cruz J. L. D. L.; Manzano-Agugliaro F.; **A monitoring system for intensive agriculture based on mesh networks and the android system**. Computers and Electronics in Agriculture, v.99, p. 44-43, 2013.

[11] Weng Y.; Sun F.; Grisby J. D.; **GeoTools: An android phone application in geology**. Computers & Geosciences; v. 44, p.24-30, 2012.

[12] **DuckDuckGo Search & Stories**. Disponível em <<https://itunes.apple.com/br/app/duckduckgo-search-stories/id663592361?mt=8>>. Acesso em 16 de julho de 2015.

[13] **Smart Search & Web Browser with Google, Amazon and Wikipedia - best alternative to Chrome and Firefox**. Disponível em <<https://itunes.apple.com/us/app/smart-search-web-browser-google/id555717978?mt=8>>. Acesso em 16 de julho de 2015.

[14] Datta, Anindya; Dutta K; Kajanan S;Pervin N. **Mobilewalla: A Mobile Application Search Engine**. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, v. 95, p 172-187, 2012.

[15] **Job Search**. Disponível em < <https://itunes.apple.com/us/app/indeed-job-search/id309735670?mt=8> >. Acesso em 16 de junho de 2015.

[16] **Liligo: flight, hotel, holiday and car hire - search engine**. Disponível em < <https://itunes.apple.com/us/app/liligo-flight-hotel-holiday/id341778574?mt=8> >. Acesso em 16 de julho de 2015.

[17] **ImageSearch Pro - Google image search application**. Disponível em <<https://itunes.apple.com/br/app/image-search-pro-google-image/id332189458?mt=8>>. Acesso em 16 de junho de 2015.

[18] **Recipe Search for iPhone - Find your best dish from many recipe sites**. Disponível em <<https://itunes.apple.com/us/app/recipe-search-for-iphone-find/id432024923?mt=8>>. Acesso em 16 de junho de 2015.

[19] Chavan, Amey; Naik, A. **Linear equation solver in Android using OCR**. IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN), p. 42-44, 5 may 2013.

[20] **Pre-Algebra**. Disponível em <<https://itunes.apple.com/br/app/pre-algebra/id459734695?mt=8>> Acesso em 16 de junho de 2015.

[21] **Math-Formulas**. Disponível em <<https://itunes.apple.com/br/app/math-formulas-free/id542202431?mt=8>>. Acesso em 16 de junho de 2015.

[22] **Mobile Device**. Disponível em <https://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_device>. Acesso em 23 de junho de 2015.

[23] **iTunes App Store Now Has 1.2 Million Apps, Has Seen 75 Billion Downloads To Date**. Disponível em <<http://techcrunch.com/2014/06/02/itunes-app-store-now-has-1-2-million-apps-has-seen-75-billion-downloads-to-date/>>. Acesso em 30 de junho de 2015.

[24] **Apple's App Store Hits 50 Billion Downloads, 900K Apps, \$10 Billion Paid o Developers; iTunes Now With 575M Accounts**. Disponível em <<https://techcrunch.com/2013/06/10/apples-app-store-hits-50-billion-downloads-paid-out-10-billion-to-developers/>>. Acesso em 30 de junho de 2015.

[25] **Symbolab**. Disponível em <<https://www.symbolab.com/about>>. Acesso em 1 de julho de 2015.

[26] **MathJax**. Disponível em <<https://www.mathjax.org/#about>>. Acesso em 1 de julho de 2015.

[27] GONZAGA, F. B., **Recuperação de Informação Orientada ao Domínio da Matemática**. Tese de Doutorado defendida pelo Programa de Engenharia de Sistemas e Computação - Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2013.

[28] CARVALHO, G. S., **Aplicativo Android para a ferramenta de busca SearchOnMath**. Trabalho de Conclusão de Curso para o curso de Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Alfenas, 2015.

[29] **MathML**. Disponível em <<http://www.w3.org/Math/whatIsMathML.html>>. Acesso em 2 de julho de 2015.

[30] **Asciimath**. Disponível em <<http://www.asciimath.org>>. Acesso em 2 de julho de 2015.

[31] **MatML Torture Test**. Disponível em <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Mozilla/MathML_Project/MathML_Torture_Test>. Acesso em 2 de julho de 2015.

[32] **MathQuill**. Disponível em <<http://mathquill.com>>. Acesso em 2 de julho de 2015.

[33] **MathJax In Use**. Disponível em <<http://docs.mathjax.org/en/latest/misc/mathjax-in-use.html>>. Acesso em 2 de julho de 2015.

[34] **Comparison of math Web publishing options**. Disponível em <<http://www.intmath.com/blog/mathematics/comparison-math-web-publishing-options-9915>>. Acesso em 2 de julho de 2015.

[35] **How it All Began**. Disponível em <<http://blog.symbolab.com/2012/10/how-it-all-began.html>>. Acesso em 2 de julho de 2015.

[36] **Google Annual Search Statistics**. Disponível em <<http://www.statisticbrain.com/google-searches>>. Acesso em 2 de julho de 2015.

[37] YOUSSEF, A., **Roles of Math Search in Mathematics**. Department of Computer Science, The George Washington University, Washington DC. Disponível em <<http://www.seas.gwu.edu/~ayoussef/papers/RolesofMathSearch-MKM06.pdf>>. Acesso em 2 de julho de 2015.

[38] STALNAKER, D.; ZANIBBI, R., **Math Expression Retrieval Using an Inverted Index Over Symbol Pairs**. Department of Computer Science, Rochester Institute of Technology, USA.

[39] HU, X.; GAO, L.; LIN, Xiaoyan; TANG, Z.; LIN, Xiaofan; BAKER, J. B., **WikiMirs: A Mathematical Information Retrieval System for Wikipedia**. Proceedings of the 13th ACM/IEEE-CS joint conference on Digital libraries Pages 11-20, 2013.

[40] LIN, X.; GAO, L.; HU, X.; TANG, Z.; XIAO Y.; LIU X., **A Mathematics Retrieval System for Formulae in Layout Presentations**. Proceedings of the 37th international ACM SIGIR conference on Research & development in information retrieval Pages 697-706, 2014.

[41] **Symbolab - Calculator with steps**. Disponível em <<https://itunes.apple.com/br/app/symbolab-calculator-steps/id876942533?mt=8>>. Acesso em 2 de julho de 2015.

[42] **JSON**. Disponível em <<http://www.json.org>>. Acesso em 2 de julho de 2015.

[43] **KaTeX**. Disponível em <<https://github.com/Khan/KaTeX>>. Acesso em 2 de julho de 2015.

9

Apêndice A

9.1 Fórmulas pré-definidas para o *Try Me!*

9.1.1 *The Definition of Pi*

TeX	$\pi = \frac{c}{d}$
Fórmula	$\pi = \frac{c}{d}$

9.1.2 *Euler's Formula for Polyhedra*

TeX	$F-E+V=2$
Fórmula	$F - E + V = 2$

9.1.3 *The Binomial Theorem*

TeX	$(x+y)^n = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} x^k y^{n-k}$
Fórmula	$(x + y)^n = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} x^k y^{n-k}$

9.1.4 The Closed-form Expression for the Fibonacci Number

TeX	$F(k) = \frac{\varphi^k - (-\frac{1}{\varphi})^k}{\sqrt{5}}$
Fórmula	$F(k) = \frac{\varphi^k - (-\frac{1}{\varphi})^k}{\sqrt{5}}$

9.1.5 Euler's Product Formula

TeX	$\sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^s} = \prod_{p \text{ prime}} \frac{1}{1-p^{-s}}$
Fórmula	$\sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^s} = \prod_{p \text{ prime}} \frac{1}{1-p^{-s}}$

9.1.6 The fundamental theorem of calculus

TeX	$f(x) = \frac{d}{dx} \int_a^x f(s) ds$
Fórmula	$f(x) = \frac{d}{dx} \int_a^x f(s) ds$

9.1.7 The integral definition of the exponential function

TeX	$\int_1^{e^x} \frac{dy}{y} = x$
Fórmula	$\int_1^{e^x} \frac{dy}{y} = x$

9.1.8 The limit definition of the exponential function

TeX	$e^x = \lim_{y \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{x}{y}\right)^y$
Fórmula	$e^x = \lim_{y \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{x}{y}\right)^y$

9.1.9 Euler's Identity

TeX	$e^{i\pi} + 1 = 0$
Fórmula	$e^{i\pi} + 1 = 0$

9.1.10 The Gamma Function

TeX	$\Gamma(n) = \int_0^{\infty} e^{-x} x^{n-1} dx$
Fórmula	$\Gamma(n) = \int_0^{\infty} e^{-x} x^{n-1} dx$

9.1.11 The Gaussian Integral

TeX	$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2} dx = \sqrt{\pi}$
Fórmula	$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-x^2} dx = \sqrt{\pi}$

9.1.12 The Laplace Transform

TeX	$F(s) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-sx} dx$
Fórmula	$F(s) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-sx} dx$

9.1.13 The Definition of Conditional Probability

TeX	$P(A B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$
Fórmula	$P(A B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$

9.1.14 The Definition of Total Probability

TeX	$P(B) = \sum_k P(A_k \cap B)$
Fórmula	$P(B) = \sum_k P(A_k \cap B)$

9.1.15 Bayes' Theorem

TeX	$P(A B) = \frac{P(B A)P(A)}{P(B)}$
Fórmula	$P(A B) = \frac{P(B A)P(A)}{P(B)}$

9.1.16 The Normal Distribution

TeX	$p(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$
Fórmula	$p(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$

9.1.17 Shannon's Entropy

TeX	$H(X) = -\sum_{x \in \mathbf{X}} p(x) \log p(x)$
-----	--

Fórmula	$H(X) = - \sum_{x \in X} p(x) \log p(x)$
---------	--

9.1.18 The Taylor Series

TeX	$f(x) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{f^{(k)}(a)}{k!} (x-a)^k$
Fórmula	$f(x) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{f^{(k)}(a)}{k!} (x-a)^k$

9.1.19 The Series Expansion of the Exponential Function

TeX	$e^x = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{x^k}{k!}$
Fórmula	$e^x = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{x^k}{k!}$

9.1.20 The Series Expansion of the Natural Logarithm

TeX	$\ln(1+x) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^{k+1} x^k}{k}$
Fórmula	$\ln(1+x) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^{k+1} x^k}{k}$

9.1.21 Newton's Universal Law of Gravitation

TeX	$F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$
Fórmula	$F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$

9.1.22 *The Wave Equation*

TeX	$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \nabla^2 u$
Fórmula	$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = c^2 \nabla^2 u$

9.1.23 *The Heat Equation*

TeX	$\frac{\partial \varnothing}{\partial t} = D \nabla^2 \varnothing$
Fórmula	$\frac{\partial \varnothing}{\partial t} = D \nabla^2 \varnothing$

9.1.24 *Maxwell's Equations For Electromagnetic Waves*

9.1.24.1 *First Equation*

TeX	$\nabla \cdot E = \frac{\rho}{\epsilon}$
Fórmula	$\nabla \cdot E = \frac{\rho}{\epsilon}$

9.1.24.2 *Second Equation*

TeX	$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$
Fórmula	$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$

9.1.24.3 *Third Equation*

TeX	$\nabla \cdot B = 0$
Fórmula	$\nabla \cdot B = 0$

9.1.24.4 *Fourth Equation*

TeX	$\nabla \times B = \mu J + \mu \epsilon \frac{\partial E}{\partial t}$
Fórmula	$\nabla \times B = \mu J + \mu \epsilon \frac{\partial E}{\partial t}$

9.1.25 *A Particle's Rest Energy in Special Relativity*

TeX	$E = mc^2$
Fórmula	$E = mc^2$

9.1.26 *Einstein's Field Equations in General Relativity*

TeX	$\mathcal{G} = -\frac{8\pi G}{c^4} \mathcal{T}$
Fórmula	$\mathcal{G} = -\frac{8\pi G}{c^4} \mathcal{T}$

9.1.27 *The Schrödinger Equation*

TeX	$i \hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \hat{H} \Psi$
Fórmula	$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = \hat{H} \Psi$